
NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06640476 9

CAUSE

DES

ÉNERGIES ATTRACTIVES

CAUSE

DES

ÉNERGIES ATTRACTIVES

CAUSE

DES

ÉNERGIES ATTRACTIVES

MAGNÉTISME

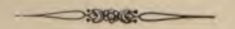
ÉLECTRICITÉ — GRAVITATION

PAR

DESPAUX

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

INSPECTEUR DIVISIONNAIRE DU TRAVAIL



PARIS

ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER-BAILLÈRE ET Cie

Félix ALCAN, éditeur

108, Boulevard Saint-Germain, 108

—

1902

EMIÈRE PARTIE

'AGNÉTISME

CAUSE

DES

ÉNERGIES ATTRACTIVES

PREMIÈRE PARTIE

MAGNÉTISME

CHAPITRE Ier

PROPRIÉTÉS ET EXPLICATION DES AIMANTS

Tout le monde connaît un aimant et ses propriétés attractives; c'est tout simplement un morceau d'acier ou de fer doux préalablement soumis à l'action d'un autre aimant ou d'une source magnétique quelconque. Dans le premier cas, l'aimant obtenu est permanent; dans le second, il est temporaire.

Prenons un barreau d'acier aimanté; ce barreau, suspendu en son milieu, tournera toujours la même extrémité vers le Nord; les deux pôles de l'aimant sont donc dissemblables; si, d'ailleurs, on prend un second aimant et qu'on approche successivement chacun de ses pôles de ceux de l'aimant suspendu, on reconnaît que les deux pôles de noms contraires s'attirent et que ceux de même nom se repoussent, et c'est pourquoi on appelle *austral* le pôle qui se dirige vers le Nord, *boréal* l'opposé; dénominations bien faites pour amener la confusion et à peu près abandonnées aujourd'hui.

Coulomb, qui expliquait les aimants de la même manière que l'électricité, supposait dans un barreau de fer un fluide neutre en quantité illimitée; ce fluide neutre, sous l'action de l'aimentation, se séparait en fluide positif s'amassant au pôle nord, et en fluide négatif s'amassant au pôle sud ; ces fluides magnétiques étaient d'ailleurs différents des fluides de l'électricité.

Poisson, lui, considérait que chaque molécule contient deux fluides qui y sont confinés et ne peuvent jamais passer d'un élément à un autre ; l'aimentation aurait pour seul effet d'orienter les molécules, et c'est déjà en partie la théorie d'Ampère.

Ces explications, déjà peu vraisemblables en elles-mêmes, ne parvenaient pas, en outre, à rendre compte du phénomène de *l'aimant brisé,* celui précisément qui peut le mieux nous mettre sur la trace de la vraie cause du magnétisme.

Lorsqu'on coupe brusquement un aimant, chaque moitié se retrouve avoir du fluide positif et du fluide négatif, alors que, d'après Coulomb, chaque fluide devrait être confiné dans l'une des moitiés; multiplions le fractionnement, et, si petit soit-il, chaque fragment constituera un aimant complet; ce fait a suggéré à Ampère la théorie suivante.

Polarisation des molécules. — Théorie d'Ampère. Spectre magnétique.

Dans un barreau de fer ou d'acier, toutes les molécules sont parcourues par des courants électriques fermés, de sorte que chacune constitue à elle seule un petit aimant.

A l'état naturel, les molécules étant dirigées en tous sens, rien ne s'observe ; mais que, sous une action quelconque, ces molécules viennent à s'orienter dans un même sens, *polarisées,* suivant l'expression d'Ampère, un courant continu s'établira, et les propriétés de l'aimant apparaîtront.

Cette hypothèse d'Ampère a été développée par Weber, appuyée et répandue par les travaux d'Ewing, et depuis longtemps elle règne dans la science.

L'orientation des molécules paraît un fait établi, mais qui ne voit qu'ainsi limitée l'explication d'Ampère n'explique rien et se borne à reporter le mystère sur la molécule ?

Que peut bien être en effet un courant d'électricité circulant autour ou dans l'intérieur d'une molécule?

Qu'est l'électricité elle-même?

Voyons si une explication plus naturelle et plus saisissable ne se présente pas à l'esprit.

Pour nous rendre compte d'une façon tangible de l'action d'un aimant droit, formons à la manière de Faraday un fantôme ou spectre magnétique, en tamisant de la limaille de fer sur une feuille de papier placée à plat au-dessus d'un barreau aimanté horizontal; nous verrons aussitôt se former deux figures symétriques de limailles alignées en files courant sans interruption d'un pôle à l'autre ; ces limailles ajoutées bout à bout prolongent, suivant la théorie d'Ampère, les molécules orientées du barreau, et, toujours d'après Ampère, il y a courant, parce que chaque courant élémentaire de molécule vient, grâce à l'orientation, s'ajouter à celui de la suivante.

La limaille de fer d'un fantôme ne fait qu'accuser l'existence des courants tourbillonnaires que Faraday a dénommés *lignes de force* et Maxwell *lignes d'induction;* mais ces courants existent par eux-mêmes ; de quoi, d'ailleurs, sont-ils formés? D'électricité, dit Ampère; d'éther ou d'un fluide se comportant à la façon d'un gaz, dirons-nous à notre tour, et c'est ce que nous allons chercher à démontrer.

Toutes les lignes de force sans exception qui ont quitté un pôle rentrent par l'autre, et l'espace qu'elles occupent prend le nom de *champ magnétique*.

Forme propulsive de la molécule.

Avant d'aborder une explication du magnétisme autre que celle d'Ampère, rappelons en peu de mots quelle est, d'après la science actuelle, la constitution de la matière : un corps est formé de molécules noyées dans l'éther, et chaque molécule est animée d'un mouvement de rotation dont la vitesse se chiffre sans doute, comme les vibrations, par trillions à la seconde; la molécule à son tour est composée d'atomes ou molécules élémentaires placés dans les mêmes conditions, mais avec des intervalles moindres.

Or, quelle est la forme de la molécule? Sphérique, disent

[illegible] mais pourquoi? Si la sphère est la forme qu'affecte la matière [illegible] à la seule attraction de ses molécules, [illegible] de même de la molécule initiale [illegible] et en tout cas [illegible] d'un cristal, qui [illegible] de la matière, est-elle sphérique?

[illegible] en faveur de notre [illegible] des [illegible] que la science [illegible] de quelque [illegible] en tous sens?

[illegible] dispa- [illegible] symé- [illegible]

[illegible] extrémité [illegible] négatif, [illegible] symé- [illegible]

[illegible]

Explication rationnelle des aimants.

Ceci admis, la molécule, dans sa rapide rotation, agissant à la façon d'une hélice ou d'une turbine, aspirera et propulsera l'éther dans lequel elle se trouve noyée; dans les corps à l'état naturel où les molécules sont dirigées en tous sens en apparence du moins, l'effet produit sera nul ; mais, que les molécules viennent à s'orienter, et il y aura courant d'éther.

Voyons si cette conclusion à laquelle on ne peut refuser tout au moins le mérite d'une grande simplicité correspond bien à la suite des phénomènes.

Un barreau de fer peut être considéré comme un réservoir relativement clos contenant de l'éther à la tension ambiante ;

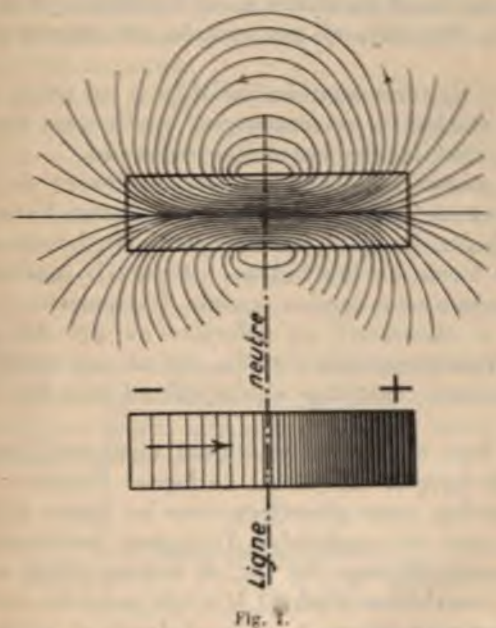


Fig. 1.

par conséquent le fluide propulsé viendra s'accumuler à l'une des extrémités ou pôle où il se trouvera arrêté par la tension extérieure ou plutôt la mauvaise conductibilité de l'air; il sera raréfié au pôle opposé en passant dans l'intervalle par une zone neutre, c'est-à-dire à la tension de l'éther ambiant.

certains; mais pourquoi? Si la sphère est la forme qu'affecte la matière lorsqu'elle est soumise à la seule attraction de ses molécules, pourquoi en serait-il de même de la molécule initiale qui, considérée isolément, est antérieure et en tout cas indépendante de toute liaison ; la molécule d'un cristal, qui est cependant une forme équilibrée de la matière, est-elle sphérique?

Plusieurs motifs d'ailleurs plaident en faveur de notre hypothèse d'une molécule asymétrique; la *polarisation* des molécules en diverses circonstances est un fait que la science ne discute plus ; mais que signifierait l'orientation de quelque chose qui est sphérique, c'est-à-dire le même en tous sens?

L'orientation implique donc un axe et la sphéricité disparaît, mais du moins la molécule peut-elle être encore symétrique ; or, l'est-elle?

Ampère et bien d'autres à sa suite, rejetant à une extrémité de la molécule un fluide positif, à l'autre un fluide négatif, ont rompu cette symétrie; si, en effet, la molécule était symétrique, pourquoi le courant hypothétique ne parcourrait-il pas la molécule indifféremment dans les deux sens?

L'asymétrie est donc encore une conséquence des idées mêmes admises par la science. Qu'ajoutons-nous à cette asymétrie? Tout simplement la faculté propulsive ; mais ne résulte-t-elle pas presque fatalement de la différence entre les deux moitiés de la molécule?

Quant à la rotation de cette molécule, elle est la conséquence de la constitution même de la matière, et lord Kelvin la juge indispensable pour rendre compte des phénomènes du magnétisme. « *La seule chose qui puisse produire ce résultat, c'est une rotation inhérente et préexistante dans les molécules de la matière.* »

Par le même motif, lord Kelvin a imaginé son atome *vortex*, animé de mouvements de rotation rapides au sein de la matière et capable de s'orienter; cette rotation, enfin, est estimée nécessaire par un grand nombre de savants, pour ne pas dire presque tous.

Si, d'ailleurs, on veut bien écouter nos explications en dehors de toute idée préconçue, on reconnaîtra que la propulsion d'un fluide est nécessaire et amplement démontrée.

Explication rationnelle des aimants.

Ceci admis, la molécule, dans sa rapide rotation, agissant à la façon d'une hélice ou d'une turbine, aspirera et propulsera l'éther dans lequel elle se trouve noyée ; dans les corps à l'état naturel où les molécules sont dirigées en tous sens en apparence du moins, l'effet produit sera nul ; mais, que les molécules viennent à s'orienter, et il y aura courant d'éther.

Voyons si cette conclusion à laquelle on ne peut refuser tout au moins le mérite d'une grande simplicité correspond bien à la suite des phénomènes.

Un barreau de fer peut être considéré comme un réservoir relativement clos contenant de l'éther à la tension ambiante ;

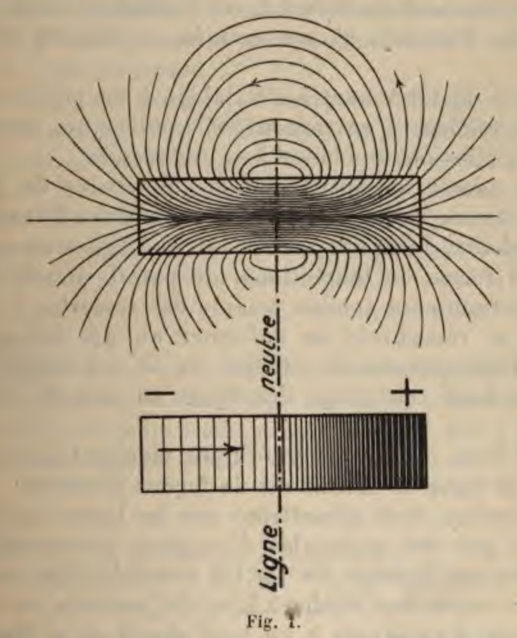


Fig. 1.

par conséquent le fluide propulsé viendra s'accumuler à l'une des extrémités ou pôle où il se trouvera arrêté par la tension extérieure ou plutôt la mauvaise conductibilité de l'air ; il sera raréfié au pôle opposé en passant dans l'intervalle par une zone neutre, c'est-à-dire à la tension de l'éther ambiant.

Si le barreau constituait un système hermétiquement clos, rien ne se manifesterait à l'extérieur; mais, suivant la comparaison de Maxwell, un aimant comme un corps conducteur quelconque est comparable à une membrane poreuse opposant de la résistance à un fluide tout en lui livrant passage.

Donc, du côté de la compression, l'éther s'échappera au dehors, et il en rentrera par l'extrémité opposée, et comme au sein d'un fluide le comprimé va vers le raréfié, l'éther propulsé formera au dehors un circuit complet présentant en son milieu une zone neutre.

Ce circuit extérieur est indispensable pour la manifestation des fantômes; aussi ne s'en produit-il pas dans un anneau aimanté où l'éther peut circuler tout en restant confiné.

Mais arrêtons-nous un peu sur les lignes de force ou d'induction qui donnent naissance à ces fantômes; voici comment les considère Faraday, et son opinion est encore celle de la science.

Les lignes de force sont assimilables à de petits ressorts à boudin qui tendent à se raccourcir, tandis que, dans le sens transversal, elles ont tendance à se repousser.

Faraday admet en outre que les molécules de l'air sont polarisées comme celles de l'aimant, et, comme Faraday, Rankine, Helmholtz, Lodge et bien d'autres attribuent aux lignes de force la forme de tourbillons; de pareils tourbillons sont en effet constamment tendus comme des ressorts; ils peuvent s'allonger, se raccourcir, se déformer au gré des influences diverses. Transversalement, enfin, ils se repoussent par les effets de la force centrifuge s'exerçant au sein de l'éther ambiant.

Lorsque deux champs magnétiques viennent à se pénétrer, les lignes de force se déforment de façons diverses.

Avec Faraday, nous admettrons que les lignes de force sont constituées par des molécules d'oxygène polarisées, prolongeant celles du barreau de fer, et comme elles, servant de support au tourbillon d'éther. Il a été reconnu en effet que l'oxygène est magnétique à un haut degré, et si l'on désigne par 1.000 le pouvoir magnétique du fer, celui de l'oxygène est 337.

On peut donc conclure que **le champ magnétique n'est pas constitué d'autre façon que l'aimant lui-même.**

La suite des phénomènes qui se produisent dans un aimant

droit est, par suite, la suivante : sous une excitation étrangère dont nous examinerons plus loin la nature et l'action, les molécules s'orientent dans le sens de la longueur du barreau en files alignées, chaque molécule propulsant de l'éther qu'elle reçoit de la précédente et transmet à la suivante.

De là résultent à la sortie une foule de jets élémentaires en tourbillon qui continuent à enfiler et à aligner les molécules d'oxygène prolongeant celles du barreau et, accessoirement, les molécules de limaille dont on a saupoudré une feuille de papier ; ces tourbillons élémentaires rentrent par le pôle opposé.

Le **pôle négatif** de la molécule est celui qui aspire ou raréfie; le **pôle positif** celui qui refoule ou comprime.

C'est, en somme, l'hypothèse même d'Ampère, dans laquelle nous avons simplement remplacé le courant électrique qui parcourt hypothétiquement une molécule par la forme propulsive de cette molécule.

L'éther dans un aimant se comporterait donc comme un gaz et serait susceptible de compression et de dilatation; nous reconnaîtrons ailleurs de nombreuses preuves de ce fait, bien que certains auteurs tiennent l'éther pour incompressible.

L'aimant brisé s'explique ici parfaitement; si, en effet, nous détachons un fragment du barreau, il y aura toujours accumulation d'éther à un pôle, raréfaction à l'autre, et au milieu zone neutre, l'ensemble restant toujours en équilibre avec l'extérieur.

On explique aussi aisément les points **conséquents,** c'est-à-dire les pôles supplémentaires que peut présenter un barreau aimanté; ces points sont manifestement dus à une orientation contraire des molécules.

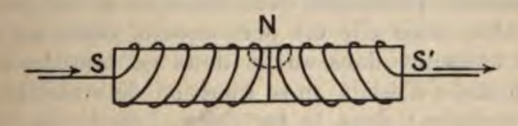


Fig. 2.

Voici comment on peut les obtenir. On sait qu'une hélice entourant un barreau d'acier et traversée par un courant aimante ce barreau en orientant ses molécules.

Enroulons de S à N l'hélice à gauche; les molécules seront orientées et tourneront dans un certain sens qui propulsera l'éther vers N; à partir de N, changeons le sens de l'enroulement, effectuons-le à droite; l'orientation des molécules restera la même, puisque celui du courant n'aura pas changé, mais leur rotation aura changé de sens et elles aspireront l'éther qui sera encore refoulé vers le point N.

Il suffit de décrire l'opération pour en avoir l'explication, et notre théorie laisse même prévoir un autre mode d'excitation qui est le suivant.

Après avoir enroulé l'hélice de S en N, au lieu de l'enrouler en sens contraire, on peut reprendre l'enroulement de S' vers N ; les molécules toujours orientées dans le sens du courant, tourneront comme celles de la moitié opposée en refoulant l'éther vers N, qui sera ainsi le siège de deux véritables pôles positifs.

L'aimentation sera au maximum; il y aura **saturation** lorsque toutes les molécules du barreau auront subi un parallélisme parfait dans le sens de la longueur; mais, d'après les procédés d'aimantation en usage qui n'intéressent que la surface, les molécules de l'intérieur ne s'orientent pas, et on s'est assuré de ce fait en limant la superficie d'un aimant ou en l'attaquant au moyen d'un acide, le noyau a été reconnu inerte.

Pour remédier à cet inconvénient d'une forte quantité de matière demeurant inactive, M. Jamin a eu l'idée de réunir en un seul barreau plusieurs lames minces d'acier préalablement aimantées; l'aimant ainsi obtenu accuse alors une force considérable et peut soulever jusqu'à vingt-trois fois son poids.

L'aimantation provoquée dans un acier ou fer dur est lente à se produire, mais elle est permanente; celle, au contraire, qui prend naissance dans un fer doux est *temporaire* et cesse avec l'influence; c'est là pure question de stabilité et d'élasticité moléculaire ; dans le fer doux, l'élasticité n'étant pas rompue, la molécule revient à son équilibre naturel à la manière d'un ressort dès qu'il est débandé, tandis que, dans le fer dur où l'élasticité est détruite, le nouvel équilibre est définitif.

Nous ne parlons ici, bien entendu, que de l'élasticité qui

vise l'orientation des molécules, et non de celle qui concerne leurs distances respectives, car, pour cette dernière, seule cause des déformations, tout le monde sait que l'élasticité de l'acier est bien plus considérable que celle du fer.

Dans un aimant donc, tant que l'orientation des molécules persiste, il y a courant; mais on comprend que, par suite de la résistance éprouvée par l'éther dans son parcours extérieur et à l'entrée et à la sortie de l'aimant, les molécules de l'acier artificiellement déplacées tendront à reprendre leur équilibre premier, et c'est ce qui a lieu en effet : à la longue, l'aimantation se dissipe; on retarde cet instant en fermant le courant, c'est-à-dire en lui évitant le passage à l'extérieur, résultat que l'on obtient, pour les aimants droits, en réunissant leurs pôles opposés après les avoir préalablement séparés par des tasseaux, pour les aimants en fer à cheval en reliant les deux branches par une armature de fer.

Dans un tore ou anneau d'acier, l'aimantation ne se manifeste par aucun signe extérieur : pas d'attraction, pas de pôles. Ici en effet l'éther reste enfermé et circule toujours dans le même sens, et on pourrait, à l'absence du champ magnétique, supposer que l'anneau n'est le siège d'aucune aimantation. Si on le coupe cependant en deux parties, on reconnaît aux extrémités de chacune d'elles un pôle nettement caractérisé, et le spectre magnétique réapparaît.

Il est donc visible que les lignes de force ne sont autres que le courant magnétique extériorisé.

A la sortie du pôle positif dans un barreau aimanté, le flux d'éther diverge et s'épanouit; à la rentrée, il converge; les points de plus grande compression et de plus grande raréfaction doivent, par suite, se trouver à l'intérieur du barreau, et c'est ce qui a lieu en effet, les pôles sont à une certaine distance des extrémités.

Preuves de l'orientation moléculaire.

L'orientation des molécules dans un aimant est un fait admis, presque démontré; mais on peut le rendre sensible par une expérience fort simple.

Le flux sortant par un pôle rentre, avons-nous dit, par l'autre; la direction des molécules doit donc varier, et, placées dans un sens vers le pôle positif, elles doivent se trouver dans le sens contraire vers le pôle négatif; voici comment on peut le reconnaître.

Au-dessous d'une feuille de papier horizontale sur laquelle nous aurons tamisé de la fine limaille d'acier, plaçons verticalement un aimant droit, le pôle près du papier. Nous voyons les limailles se redresser au droit du pôle en s'inclinant au fur et à mesure de l'éloignement, marquant ainsi la direction des filets d'éther ou lignes de force.

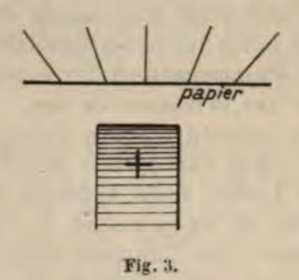


Fig. 3.

Cela fait, retournons l'aimant et plaçons sous la feuille le pôle opposé : les limailles se redresseront encore, mais par l'autre bout, et cela est visible à l'œil nu, encore mieux avec une loupe. Les molécules orientées dans un sens sous l'influence du pôle positif se retourneront, s'orienteront dans l'autre sens avec le pôle négatif. Nous invoquerons cette expérience pour expliquer les courants d'induction.

Si, au lieu de limailles d'acier, nous avions pris des limailles de fer doux, le retournement ne se serait pas produit, parce que, dès l'éloignement de l'aimant, les molécules du fer reprennent instantanément leur position d'équilibre naturel, tandis que les molécules d'acier, conservant leur orientation, doivent se retourner tout d'une pièce pour prendre une orientation opposée, si du moins les dimensions de la limaille ne sont pas trop considérables.

La théorie fort simple que nous venons d'exposer est encore confirmée par l'expérience suivante. Si on remplit un tube de limaille de fer ou d'acier et qu'on le soumette à l'ac-

tion d'un aimant, les limailles s'orientent bout à bout d'une façon visible, et le tube agit à la manière d'un aimant, alors même que l'influence est éloignée; mais qu'alors on vienne à frapper un coup sec sur le tube, et, les limailles se dérangeant, l'aimantation disparaît.

N'est-ce pas là d'ailleurs l'explication du tube de Branly qui sert de récepteur dans la télégraphie sans fil? C'est encore ici un tube rempli de limailles qui, sous l'action d'une étincelle électrique, deviennent conductrices et laissent passer le courant d'une pile. L'action électrique a ici rempli le même rôle que l'aimantation, et un coup sec suffit aussi à rompre l'orientation et interrompre le courant.

C'est encore par une succession de chocs que l'on fait disparaître l'aimantation rémanente d'un fer doux; ces chocs répétés facilitent la remise en place des molécules.

Action réciproque de deux aimants. — Aimantation.

Les phénomènes d'attraction et de répulsion de deux aimants s'expliquent aussi aisément que ceux qui ont pour siège un aimant seul.

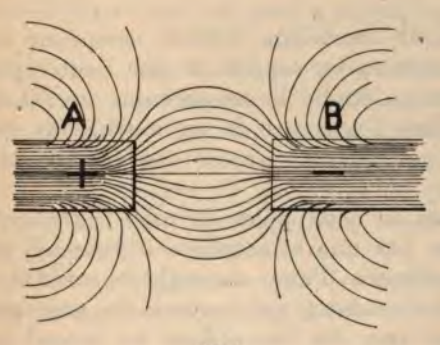


Fig. 4.

Mettons deux aimants droits en présence dans le prolongement l'un de l'autre et se faisant face par deux pôles contraires, l'un des pôles est environné d'éther en tension, l'autre d'éther raréfié. Que ces deux zones viennent à se pénétrer, et le + se précipitera vers le —, entraînant le barreau avec

lui, de même que, dans l'atmosphère terrestre, les parties en pression se précipitent vers les parties raréfiées, malgré même l'interposition d'une zone neutre, entraînant tout ce qui se trouve sur leur passage.

De même, si on oppose deux pôles de même nom, il y aura répulsion, parce que les flux rentrant ou sortant en face l'un de l'autre se contrarieront.

L'action réciproque des flux en tension et en raréfaction est encore mise en évidence par l'expérience suivante, qui prouve en même temps l'identité du flux magnétique et de celui qui forme les courants électrodynamiques.

L'arc voltaïque qui résulte de l'interruption d'un courant dans un circuit est formé d'éther en tension, comme nous le démontrerons plus loin; or, il est attiré par le pôle négatif ou raréfié d'un aimant et repoussé par le pôle positif.

En examinant attentivement le fantôme formé par un aimant droit, nous remarquons que les files de limaille ne vont pas s'épanouissant d'un pôle à l'autre, mais elles conservent leur largeur; c'est qu'en effet, chaque série orientée de molécules engendre, comme nous l'avons déjà vu, un tourbillon, et Helmholtz a démontré que les tourbillons une fois formés poursuivent invariablement leur route et même sont insécables.

Donc, chaque tourbillon d'éther comprimé continuera sa marche et rentrera en aspiration par l'autre pôle; Maxwell, qui a longtemps étudié le magnétisme et l'électricité, a reconnu lui-même l'existence de ces tourbillons, qu'il a appelés *vortices*, et qui ne sont autres que les lignes de force de Faraday.

Dans le cas de deux pôles de nom contraire en présence, ce n'est donc pas une atmosphère diffuse en tension qui se trouve en présence d'une atmosphère raréfiée; ce sont des tourbillons hélicoïdaux qui sortent du pôle positif et vont s'anastomoser avec les tourbillons en accord avec eux qui sont aspirés par le pôle négatif de l'aimant opposé.

Les phénomènes se passeraient identiquement si, au lieu d'un aimant, on plaçait, au regard de l'aimant A, un barreau de fer doux ; les lignes de force viendraient passer par ce barreau qui est plus perméable que l'air; ses molécules s'orienteraient et il serait transformé en aimant temporaire.

Si le barreau est très près de A, la ligne neutre sera plus

perméable que le fer doux et même que l'air, les lignes de force le pénétreront bien encore ; mais, soit que ses molécules soient plus réfractaires à l'orientation, soit qu'elles possèdent une puissance aspiratrice médiocre, elles ne pourront débiter tout l'éther propulsé par A. Dès lors, cet éther, quoique aspiré, s'accumulera vers le pôle négatif de B ; au lieu d'une raréfaction il y aura compression et, par suite, répulsion entre les deux barreaux.

Telle nous paraît être l'explication essentiellement simpliste du diamagnétisme dans l'air.

On conçoit bien que, par ce mode d'action, les répulsions soient de faible importance, et, en effet, si on désigne par 1.000 le pouvoir magnétique du fer doux, on trouve, d'après Secchi, pour l'eau — 3, et pour le bismuth, le corps le plus diamagnétique connu, — 65.

Maxwell a donné des chiffres encore plus faibles, car il estime que le fer doux pouvant atteindre 44 p. 100 de la force magnétique influente, celle du bismuth n'est que de 1/400.000.

La qualité diamagnétique est d'ailleurs toute relative et dépend du milieu dans lequel s'exerce l'influence.

En général, un solide magnétique paraît diamagnétique dans un liquide plus magnétique que lui; c'est ainsi que Faraday avait reconnu qu'un tube de verre rempli d'une dissolution étendue de sulfate de fer est magnétique dans l'air et diamagnétique dans une dissolution plus concentrée du même liquide.

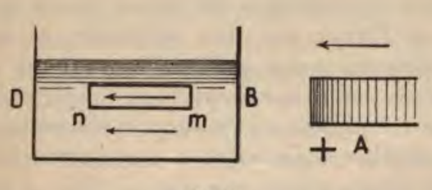


Fig. 6.

Sous cette forme générale, la cause de ces deux effets paraît facile à déterminer. Soit A l'aimant inducteur, B D un vase rempli d'un liquide magnétique, *n m* un corps moins magnétique que le liquide et plongé dans ce dernier.

L'aimant A oriente toutes les molécules de B D et de *n m* dans le même sens ; en B la propulsion est par hypothèse plus rapide qu'en *m;* c'est là la cause du diamagnétisme relatif de *m n*.

En effet, vers le côté *m*, bien qu'il y ait propulsion de *m* vers *n*, la propulsion du milieu B D étant encore plus forte, il y a par suite, en dépit de l'orientation et du refoulement moléculaire, accumulation d'éther en *m*.

Du côté opposé, au contraire, l'éther propulsé par *n* rencontre devant lui un éther propulsé plus rapidement encore; il y a succion, et l'éther, malgré la propulsion, sera raréfié en *n;* en un mot, il y a perversion des pôles.

Les qualités magnétiques et diamagnétiques ne sont donc que relatives et entendues par rapport à l'air seulement.

Les aimants permanents créent-ils de l'énergie ?

Un des faits les plus paradoxaux du magnétisme permanent est qu'il semble constituer une source spontanée d'énergie. Or, en est-il ainsi ? Un examen quelque peu approfondi nous montre qu'il y a simple déséquilibration des molécules.

Tout corps terrestre contient, par ses rotations et ses vibrations moléculaires, une somme d'énergie en accord avec le milieu ambiant et qui, par suite, ne peut apparaître qu'à la suite d'une rupture d'équilibre avec ce milieu.

Une molécule asymétrique, de par sa forme, propulse, dans sa rotation, de l'éther par une extrémité et en aspire par l'autre. Or, dans un corps à l'état normal où les directions se font équilibre, les propulsions et les aspirations se détruisent ; mais que ces molécules viennent à s'orienter bout à bout, et la tension d'éther apparaîtra à une extrémité, la raréfaction à l'autre, et cependant pas une parcelle d'énergie n'aura été introduite.

Avant l'apparition de l'aimantation dans un barreau d'acier, ce barreau constituait un système en équilibre ; après l'aimantation, ce système en équilibre est constitué non plus par le barreau seul, mais par le barreau et son champ magnétique; le système primitif du corps s'est simplement élargi.

Si on avait affaire à deux aimants en présence, le nouveau système en équilibre serait formé par l'ensemble des deux aimants et de leurs champs magnétiques.

Lorsqu'on transporte un aimant, on transporte en même temps son cortège de lignes de force ou son champ.

Principe de l'induction.

Lorsqu'on place un barreau de fer doux dans le prolongement d'un aimant droit, une partie des lignes de force de l'aimant s'écoule par ce fer qui offre une résistance bien moindre que celle de l'air, et d'autant moindre que le fer est plus doux; sa *perméabilité*, d'après le mot même de Faraday,

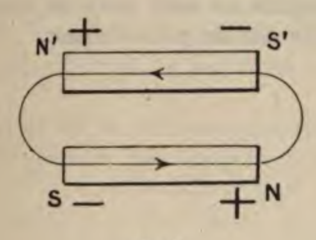


Fig. 7.

varie en effet de 1,5 à 20.000 fois celle de l'air ; si le barreau N' S' est placé parallèlement à l'aimant, les lignes de force le pénétreront encore, et les molécules s'orienteront dans le sens même de ces lignes de force, c'est-à-dire en sens inverse de S N, les pôles renversés par conséquent.

Eloignant alors l'aimant excitateur, les molécules de fer doux reprendront leur position première après l'avoir toutefois dépassée légèrement, et le barreau redeviendra neutre après une faible aimantation inverse de la première; c'est là le principe même des courants d'induction, que nous aurons occasion de développer plus tard.

Et tout de suite nous pouvons indiquer le sens des courants induits. Supposons que le noyau de fer S' N' soit entouré

d'une bobine; à chaque rapprochement, il naîtra dans c bobine un courant de même sens qu'en N' S', c'est-à-dire induit inverse de S N.

Mais changeons les conditions de l'expérience : le barr de fer doux N' S', au lieu de le disposer parallèlement à mant S N, plaçons-le dans son prolongement, et l'induc magnétique aura lieu non plus en sens inverse, mais dan même sens que l'aimant excitateur.

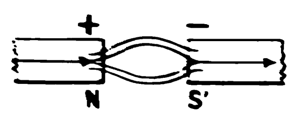


Fig. 8.

Les courants induits ne sont donc de sens inverse de l ducteur que dans le cas de parallélisme.

CHAPITRE II

ORIENTATION GYROSCOPIQUE DE L'AIGUILLE AIMANTÉE MAGNÉTISME TERRESTRE

Il est une dernière question à envisager, et non la moins intéressante : c'est celle de l'orientation permanente de l'aiguille aimantée vers le nord.

Pour démontrer expérimentalement la rotation de la terre, Foucault, outre son pendule, imagina le gyroscope, qui porte son nom, sorte de toupie qui, grâce à une suspension à la Cardan, peut prendre toutes les positions possibles dans l'espace.

Le gyroscope jouit de la curieuse propriété suivante : lorsqu'un des axes principaux est assujetti à rester dans le plan horizontal, cet axe se fixe toujours dans le plan méridien ; lorsqu'il est assujetti à rester dans le plan méridien, il s'oriente suivant l'axe de la terre ou la ligne des pôles, et le tore gyrateur tourne dans le sens de la rotation de la terre. Ces deux directions sont, à quelques variations séculaires près, celles de la déclinaison et de l'inclinaison de l'aiguille aimantée.

L'explication du gyroscope est mathématiquement fournie par le théorème de Coriolis, relatif à la composition des accélérations ; c'est une simple orientation mécanique.

Cette propriété du gyroscope nous ramène fatalement à celles de l'orientation de l'aiguille aimantée, qui elle aussi *se tourne toujours dans le sens de l'axe terrestre*, sauf quelques variations que nous examinerons plus loin. Que peut-il y avoir de commun entre ces deux orientations? Le problème ne manque pas d'intérêt, et l'explication en paraît simple.

La molécule de fer suspendue librement en tout sens dans l'éther, en outre fort mobile et tournant avec une rapidité excessive, n'est-elle pas dans les conditions mêmes du gyros-

cope et, dès lors, ne doit-elle pas s'orienter comme lui? Cette faculté apparaît avec évidence lorsqu'on place un barreau de fer dans la direction de l'axe terrestre et qu'on le frappe légèrement pour faciliter l'équilibre de ses molécules. Le barreau s'aimante, ce qui signifie que ses molécules s'orientent dans le sens de sa longueur.

Inversement, l'aiguille aimantée, qui est composée de molécules orientées dans le sens de sa largeur, s'orientera tout entière vers le Nord.

Est-ce à dire que l'orientation des molécules de fer ne se produit que lorsque le barreau est orienté suivant l'axe terrestre? Nullement, mais c'est dans cette position qu'elle est prépondérante, comme il est révélé par les phénomènes magnétiques qui ne se manifestent avec toute leur intensité que lorsque les molécules sont franchement orientées dans le sens de la longueur. Mais, dès avant cette position, le magnétisme apparaît nettement : ainsi une barre de fer placée verticalement, des outils de fer suspendus se magnétisent le pôle nord au bas ; ici la molécule orientée dans l'axe de la terre agit obliquement.

Si c'est une barre de fer doux et qu'on la retourne bout à bout avec précaution, l'orientation des molécules se maintient, mais au moindre choc, un simple attouchement même, elle est détruite et la barre reprend l'aimantation, pôle nord en bas.

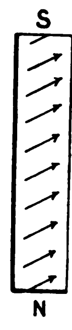


Fig. 9.

Si la molécule de fer s'oriente à la manière du gyroscope et par la même cause, comme lui elle doit aussi tourner dans le sens de la rotation de la terre de l'ouest à l'est; or, c'est ce

qui a lieu et c'est encore une preuve nouvelle à l'appui de notre théorie : on sait en effet que, dans un aimant, le courant va du pôle sud au pôle nord; or, en appliquant la règle du tire-bouchon de Maxwell que nous aurons occasion d'examiner plus loin, nous reconnaissons que les molécules tournent bien de l'ouest à l'est.

Une objection cependant se présente naturellement à l'esprit. Pourquoi, si la molécule seule est en jeu, celle du cuivre et, en général, toutes les molécules ne s'orientent-elles pas aussi comme le gyroscope? Cela tient uniquement à la plus grande mobilité de la molécule de fer. En réalité, tous les corps sont magnétiques à des degrés divers allant jusqu'à une complète indifférence.

Ainsi, Faraday a pu voir un cristal de bismuth se diriger très facilement sous l'influence de la terre ; un cristal de cyanite se dirige encore mieux ; enfin, un cristal de stannite ou oxyde d'étain oriente franchement son axe cristallin dans le méridien magnétique.

Cette propriété magnétique des cristaux n'est pas pour nous surprendre, si l'on veut bien se rappeler que, par leur constitution même, tous les axes des cristaux élémentaires ou molécules sont orientés dans le même sens.

Il paraît donc bien démontré que l'action directrice de la terre sur les aimants a une cause purement dynamique comme le magnétisme lui-même, et l'adaptation parfaite de notre hypothèse au cas du soi-disant magnétisme terrestre nous est une preuve nouvelle et considérable de sa vraisemblance.

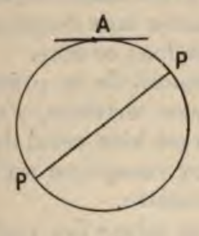


Fig. 10.

Qu'on veuille bien d'ailleurs réfléchir à l'explication du magnétisme terrestre, telle qu'elle est fournie par la science : des pôles magnétiques voisins des deux pôles de la terre ou un solénoïde disposé dans le même sens, ce qui est tout un.

Ne voit-on pas que l'aiguille aimantée, au méridien de Pari par exemple, serait non seulement orientée mais attirée vers l pôle nord ? Et il ne peut y avoir là aucun doute : nous n'avons pour nous en convaincre qu'à placer une aiguille aimanté dans cette position vis-à-vis d'un aimant droit.

S'il en était ainsi, d'ailleurs, si la terre n'était qu'un ai mant, qui ne voit que l'attraction, c'est-à-dire la chute d'u bloc de fer, serait au pôle bien plus énergique qu'à l'équa teur ? Or, il n'en est rien, et sauf l'influence du renflemer et celle de la force centrifuge, les graves de toute natur tombent de même sur toute la surface terrestre.

Une simple action directrice ne saurait donc résulter d l'assimilation de la terre à un aimant.

On pourrait objecter, il est vrai, à notre explication de l'o rientation de l'aiguille aimantée, que cette dernière ne pren pas exactement, tant s'en faut, la direction de l'axe terrestre ainsi la déclinaison, pour ne parler que d'elle, est aujourd'hu occidentale à Paris et d'une valeur de 17°19 ; mais avar 1663, elle était orientale ; nulle à cette époque, elle est deve nue occidentale et a eu son maximum en 1814 avec 22°34'.

En réalité, la ligne des pôles magnétiques paraît décri autour de l'axe terrestre un cône de 30° environ en hu cents ans.

C'est un vrai mouvement de précession analogue à celui q fait décrire à l'axe terrestre un cône d'environ 47° autour c l'axe de l'écliptique en 25.765 ans ; mais, tandis qu'ici la caus est déterminée, en ce qui concerne le mouvement de préces sion de la ligne des pôles magnétiques, la cause est encoı inconnue, en grande partie sans doute parce que les recherche n'ont jamais été portées dans ce sens.

Ce qui ressort clairement de la précession de la ligne ma gnétique autour de l'axe terrestre, c'est que le sens génér de l'action magnétique est bien celui de l'axe terrestre, et qu par suite, la rotation gyroscopique est bien la vraie cause d pseudo-magnétisme terrestre.

Il n'en saurait être de même des variations à courte périod dues manifestement à l'action du soleil et de la lune, ni de perturbations ou orages magnétiques.

C'est l'orientation des molécules du fer qui produit l'ai mant, les flux et les attractions et répulsions qu'ils produiser n'en sont que des phénomènes consécutifs, par suite tout

déséquilibration d'éther, d'où qu'elle provienne, aura action sur les pôles de l'aimant ou de l'aiguille aimantée et le pôle nord, par exemple, se dirigera vers les points où l'éther est raréfié.

Nul doute que les actions du soleil et de la lune ou les perturbations passagères dénommées orages magnétiques ne soient dues à une déséquilibration dans l'atmosphère d'éther qui enveloppe la terre au point même où se trouve l'aiguille aimantée.

C'est sans doute l'action gyroscopique de la terre qui oriente les molécules de l'oxyde magnétique de fer et en fait un aimant permanent.

CHAPITRE III

ORIENTATION NATURELLE DES MOLÉCULES DANS LES CORPS

Nous avons énoncé que les molécules d'un corps à l'état naturel, c'est-à-dire soustrait à toute influence étrangère, étaient dirigées vers un centre commun. Dans un corps quelconque au repos où toutes les énergies intérieures se détruisent, il est obligé que les directions des molécules s'annihilent, mais cela n'implique rien quant à ces directions, qui peuvent être orientées en tous sens ou bien d'une façon systématique vers un centre où elles se détruisent.

Or, cette dernière orientation apparaît nettement si on considère un liquide livré à ses seules attractions moléculaires, ou chez lequel du moins l'action de la pesanteur n'est pas prépondérante.

Une gouttelette de mercure se met en boule ; si on la fractionne en deux ou trois parties, chacune d'elles formera une petite sphère, et il est visible que les molécules changeant instantanément de direction se sont orientées vers de nouveaux centres.

Lorsque deux gouttelettes se réunissent, le même phénomène se reproduit en sens inverse.

Si la quantité de mercure est assez considérable, elle s'étalera en une nappe presque horizontale et les bords seuls, formant ménisque, marqueront la tendance des molécules vers l'intérieur.

Coupons cette surface avec une lame et écartons les deux parties, chacune d'elles sera limitée par un ménisque de direction opposée, de chaque côté de la coupure les molécules se tourneront le dos, et c'est en cela que consiste la rupture de la cohésion.

C'est là sans doute pourquoi, lorsqu'une lame de verre est fêlée ou simplement rayée par une pointe de diamant, les

CHAPITRE VI

ÉLECTRISATION PAR INFLUENCE OU INDUCTION STATIQUE

Commençons par préciser le fonctionnement des lignes de force autour d'un corps électrisé statiquement, et la manière dont elles se développent.

Si un ballon de verre hermétiquement clos contient de l'air comprimé, l'air ne pourra s'échapper, le verre est un diélectrique absolu pour l'air; si en un point le verre est remplacé par une toile métallique, l'air s'échappera par ce point qui lui sera le plus perméable; et si au devant de la toile et dans le réservoir lui-même vers le point de sortie se trouvaient des particules matérielles de forme propulsive pouvant tourner en tous sens, le courant les orienterait dans sa direction et les ferait tourner à son unisson.

Si au lieu d'air comprimé le ballon renfermait de l'air raréfié, l'air serait aspiré au lieu d'être refoulé et l'orientation des molécules serait inverse: c'est là, en résumé, l'explication de tous les phénomènes d'influence.

De même, l'éther s'échappera ou rentrera dans un réservoir par les points les plus *perméables*, et l'expression est de Faraday lui-même; de plus il orientera les molécules dans un sens approprié et les fera tourner en accord avec lui.

Les lignes de force en tourbillon d'un corps électrisé, gênées par le diélectrique qui constitue l'atmosphère, lorsqu'elles rencontrent un conducteur voisin B C s'infléchissent comme celles d'un aimant au regard d'un morceau de fer doux, et le traversent en orientant ses molécules dans un sens ou dans l'autre suivant que la ligne de force aspire ou propulse; en tout cas cette orientation est celle des molécules mêmes du réservoir A. (Voir fig. 17.)

L'influence provoquée dans le conducteur B C sera d'autant plus considérable que sera plus grande aussi sa perméabilité, c'est-à-dire qu'un plus grand nombre de lignes de force le traverseront.

DEUXIÈME PARTIE

ÉLECTRICITÉ STATIQUE

DEUXIÈME PARTIE

ÉLECTRICITÉ STATIQUE

CHAPITRE IV

NATURE DE L'ÉLECTRICITÉ

On est habitué à considérer les énergies sous certaines formes, parmi lesquelles viennent au premier rang la chaleur et l'électricité.

Bien que ces deux sortes d'énergie proviennent des mouvements moléculaires, il existe entre elles une différence fondamentale. Tandis que la chaleur résulte de la simple vibration des molécules sans transport de matière d'aucune sorte, même d'éther, **l'électricité comme aussi le magnétisme, sont provoqués par l'éther, en mouvement ou à l'état de tension élastique.**

Entre l'électricité et le magnétisme, d'ailleurs, les ressemblances sont nombreuses ; aussi l'étude de l'électricité sera-t-elle grandement facilitée par celle du magnétisme qui l'a précédée : la cause en est en effet la même, elle s'exerce seulement dans des conditions différentes.

Cette cause, on se le rappelle, nous l'avons attribuée à la molécule asymétrique de forme propulsive, tournant rapidement dans l'éther après avoir été préalablement orientée, mais sans pouvoir progresser elle-même.

Orientation moléculaire ou polarisation.

Dans le magnétisme, Faraday a mis en évidence l'orientation des molécules au moyen des fantômes magnétiques ; il l'a également démontrée, en ce qui concerne les manifestations électriques, par l'expérience suivante :

Dans un vase rempli d'essence de térébenthine, il faisait plonger deux conducteurs qu'il mettait en communication avec les deux pôles d'une machine électrique susceptible de fournir les deux électricités.

Dans ce liquide, Faraday jeta des brins de soie, et ces brins s'orientèrent tous en file comme les limailles du spectre. Il en est certainement de même des molécules du liquide; donc, comme dans le magnétisme, on peut conclure que c'est grâce à l'orientation des molécules que le courant peut naître et se maintenir.

Le phénomène de *Kerr* nous est une nouvelle preuve de l'orientation moléculaire, car il nous montre qu'une lame d'un liquide diélectrique devient biréfringente sous l'influence de l'électricité ; or, l'on sait que, dans les cristaux, la biréfringence est due à l'orientation des molécules.

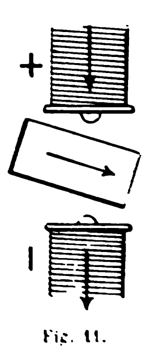


Fig. 11.

Un phénomène, enfin, découvert par Faraday, dans l'ordre de la polarisation de la lumière, vient encore confirmer cette action directrice de l'électricité et du magnétisme sur les molécules des corps ; c'est celui de la p[illegible]*atoire magnétique*.

On sait que la lumière passant d'un milieu dans un autre, de l'air dans l'eau, par exemple, se réfracte; mais, lorsque ce milieu est un cristal, la réfraction est double : il y a d'abord la réfraction ordinaire tenant à la seule qualité des milieux et ensuite une seconde réfraction qui est liée à la constitution même du cristal, c'est-à-dire à l'orientation de ses molécules ou cristaux élémentaires. Cette deuxième réfraction constitue la polarisation.

Or, si on place entre les pôles d'un électro-aimant puissant un morceau de cristal et qu'on fasse passer le courant, le plan de polarisation est dévié; on a voulu voir dans cette prétendue action de l'électricité sur la lumière une confirmation de la théorie de Maxwell prétendant que les vibrations électriques et lumineuses sont de même nature et diffèrent seulement par leur fréquence; ce n'est pas sur la lumière que le courant agit, car la lumière est un simple effet vibratoire, c'est tout simplement sur les molécules du cristal qu'il tend à ramener dans son sens.

L'effet est analogue à celui produit sous le souffle du vent ou l'effet d'un courant d'eau; si des filaments flexibles sont tendus dans une direction quelconque, le flux tendra à les ramener dans son sens, et en tout cas il les déviera en proportion de son énergie.

La déviation du plan de polarisation est un simple effet mécanique.

Le seul profit qu'on ait tiré de ces diverses preuves de l'orientation des molécules a été d'imaginer, à la manière d'Ampère, les molécules parcourues par un courant, ce qui leur permet, lorsqu'elles sont alignées ou polarisées, de former un courant continu. Or, nous l'avons déjà dit, cette explication nous laisse comme devant dans une obscurité complète.

On a divisé les phénomènes électriques en deux catégories, l'électrostatique et l'électrodynamique ou électrocinétique, et jusqu'ici on n'a pas reconnu de façon satisfaisante de liaison entre ces deux branches.

Nous avons vu l'opinion de Dufay et d'Ampère, qui admettaient l'existence de deux fluides. Des savants modernes ont édifié sur cette hypothèse leur théorie des phénomènes électriques, tels Fechner et Weber. Par contre, d'autres parmi les plus autorisés, entre autres Maxwell et lord Kelvin, sont partisans d'un fluide unique, une sorte d'éther, auquel ils ont, il

est vrai, attribué une structure fort compliquée et qu'ils considèrent notamment comme incompressible.

Ces savants, d'ailleurs, ne séparent pas l'étude des phénomènes, de la recherche philosophique des causes, et cette unité de vues ne peut que rendre plus clair l'exposé de leur doctrine et de leurs recherches.

Nous pensons établir que l'électricité, sous quelque forme qu'elle se présente, est due simplement à l'éther et à la forme de la molécule. Dans l'électrostatique, l'éther est tout simplement confiné dans un réservoir et agit comme un gaz parfait, c'est-à-dire par son élasticité ; dans l'électrodynamique, il se meut en courant continu et agit par sa force vive comme un liquide, ou un gaz dès que le régime est établi ; de là, deux manières d'être de phénomènes qui, fort dissemblables en apparence, ressortent néanmoins de la même cause.

Théorie du potentiel.

Depuis plusieurs années, un mathématicien anglais, Green, a créé, pour les besoins du calcul, une théorie dite du *potentiel*, où il considère que les effets de l'électricité statique sont assimilables à ceux d'un gaz en tension ; le point de comparaison ou zéro est la tension de la terre ; toute tension inférieure est négative, toute tension supérieure est positive ; tout se traduit, alors, dans les calculs, comme en algèbre par des quantités affectées de signes.

Le potentiel a également été appliqué aux courants électriques assimilés à des courants hydrauliques, et il y a alors différence de potentiel, comme il y a différence de niveau, chute de potentiel comme il y a chute d'eau.

La théorie de Green semble impliquer l'existence d'un fluide unique de l'électricité assimilable à un liquide dans certains cas, à un gaz dans d'autres, et alors elle exige le maintien des termes négatif et positif tout comme celle de Dufay ; elle explique d'ailleurs moins bien que cette dernière les phénomènes électrostatiques, car elle ne rend pas compte des motifs des tensions positives et négatives. C'est ainsi par exemple que, dans un cylindre conducteur influencé, tel que nous l'étudierons au chapitre de l'influence, il est affirmé que tout le

cylindre influencé reste au même potentiel, et que les deux moitiés manifestent seulement des propriétés électriques différentes. Il paraît bien cependant, d'une façon manifeste, que les deux extrémités sont à des tensions nettement contraires, et qu'il y a vraiment différence de potentiel.

Si la théorie du potentiel a été adoptée avec empressement, c'est à cause de sa parfaite adaptation aux calculs, et aussi, il faut bien le dire, parce que la science pressent qu'il y a dans tous les phénomènes électriques différence effective de tension, et, pour tout dire, identité complète des phénomènes électriques avec les phénomènes statiques ou dynamiques des gaz et des liquides.

Au surplus, l'hypothèse de Green reste, comme celle de Dufay, purement empirique, cherchant à expliquer les faits en dehors de toute préoccupation de causalité.

Maxwell, si souvent cité, avait déjà émis l'idée que les phénomènes électrostatiques étaient dus à l'élasticité, et les courants à la force vive de l'éther, et le P. Secchi avait prévu les mêmes causes en un langage que nous ne pouvons nous empêcher de reproduire tellement il est prescient à la vérité.

Le courant électrique, dit le P. Secchi, *est un mouvement de la matière impondérable au sein de la matière pondérable...... Le courant étant un transport de l'éther intérieur des corps, la tension électrique n'est qu'une accumulation de ce même éther dans les corps que nous disons être électrisés en +, et une diminution dans ceux que nous disons électrisés en —, la tension est semblable à la pression des fluides.*

Faraday, Franklin et, de nos jours, Maxwell et lord Kelvin attribuent, comme le P. Secchi et tant d'autres, l'électricité à un fluide unique.

CHAPITRE V

ÉLECTROSTATIQUE PROPREMENT DITE

Dans les phénomènes électrostatiques, l'éther, avons-nous dit, est confiné, stagne dans des réservoirs fermés où il peut, dans certains cas et sous certaines conditions, être refoulé en un point, raréfié en d'autres.

Pour rendre intelligible la suite de cet exposé, nous indiquerons, dès le début, que partout éther et électricité seront synonymes, et nous emploierons indifféremment l'un ou l'autre terme : **l'électricité positive sera de l'éther en tension, l'électricité négative de l'éther en raréfaction** par rapport à la tension du sol, et dans l'électrostatique comme dans le magnétisme, le **pôle négatif d'une molécule sera le côté qui aspire, le pôle positif celui qui refoule.**

En outre, nous pouvons avancer que **l'on peut expliquer et reproduire tous les phénomènes d'électricité statique et dynamique, y compris leurs champs, au moyen de l'air, à la seule condition de remplacer les molécules des corps par de petites turbines.**

Electricité par frottement.

Le frottement est le mode habituel, presque exclusif, de production de l'électricité statique, et c'est en effet le plus propre à provoquer des rotations et des orientations moléculaires.

Si on frotte en appuyant fortement et autant que possible dans le même sens la surface d'un corps, ses molécules prendront un mouvement de rotation excessif vu leurs dimensions infimes ; de plus, elles tourneront toutes dans le même sens,

elles seront donc orientées ou polarisées, suivant l'expression adoptée par la science.

La rotation sera d'autant plus facilement obtenue que la matière frottante sera plus aggripante et que le frottement sera plus énergique; et il ne se passe ici rien de mystérieux, encore moins de métaphysique, l'énergie mécanique développée est tout simplement transportée à la molécule d'une façon presque tangible et sans transformation aucune.

Nous avons indiqué que le frottement devait autant que possible se produire dans le même sens. C'est sans doute la meilleure manière de l'utiliser et c'est celle appliquée dans les machines électrostatiques; mais cette condition n'est pas indispensable et l'on peut frotter dans les deux sens comme on le fait lorsqu'on électrise à la main un bâton de cire avec un chiffon de flanelle, c'est la dernière direction seule qui persiste, de même que, lorsqu'on veut lancer fortement un volant à la main, on a le choix entre deux moyens, le pousser sans cesse dans le même sens ou lui imprimer un mouvement alternatif en le lançant dans une dernière impulsion.

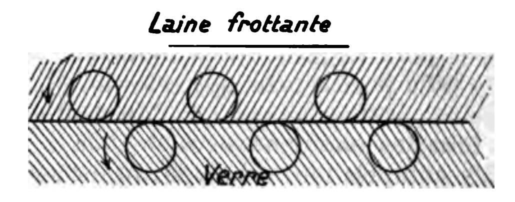


Fig. 12.

Si les molécules du corps frotté, qui sera du verre par exemple, tournent dans un sens, celles du corps frottant, qui sera de la laine, tourneront en sens inverse, et si les premières tournent dans le sens de la propulsion, les secondes tourneront dans le sens de l'aspiration ou de la raréfaction.

En outre, et c'est là un point très important et général, c'est l'éther qui est aspiré de la laine qui passe dans le verre, car on remarque que la quantité perdue par l'un des corps frottés se retrouve exactement dans l'autre, en un mot que les quantités d'électricité positive et négative développées sont équivalentes.

Chaque fois qu'un corps gagne de l'électricité ou éther, il l'emprunte à un autre corps, et c'est ainsi qu'on peut dire que la quantité d'électricité disponible dans l'univers est invariable.

Lorsqu'il se fait un échange d'électricité entre un ou plusieurs corps, il est rare qu'une partie quelconque soit empruntée à l'atmosphère : l'air est en effet un mauvais conducteur presque parfait et garde jalousement son éther.

Il n'est pas indispensable que les corps que l'on frotte entre eux soient de nature différente pour se charger d'électricités contraires, et l'on peut arriver aux mêmes fins en employant deux disques d'un même métal tenus par des manches isolants.

Symmer et Dufay expliquaient l'apparente dualité des phénomènes électriques en supposant un fluide neutre universellement répandu, lequel se décomposait, par le frottement, en deux fluides, vitreux et résineux, positif et négatif, suivant les expressions introduites par Franklin.

Nous en sommes toujours à ce point, car la théorie du potentiel n'a rien mis à la place, étant une méthode plutôt qu'une théorie.

Dans la pratique, il arrive que le frottement, outre la rotation et l'orientation, produit une vibration des molécules ; aussi la production d'électricité s'accompagne-t-elle fréquemment, pour ne pas dire toujours, de chaleur.

La production de l'électricité par le frottement, que nous venons d'exposer, rend compte du fonctionnement de toutes les machines électrostatiques.

Corps bons et mauvais conducteurs; liaison des molécules avec l'éther.

On désigne sous le nom de corps *bons conducteurs* ceux dans lesquels l'éther circule facilement, c'est-à-dire molécules très mobiles se prêtent facilement à une
et permettent en outre la circulation de l'éther.

Dans un mauvais conducteur ou diélectrique, a
l'éther circule péniblement parce que la forme de
s'y prête mal sans doute. En outre les molécules s

brent difficilement; par contre, lorsqu'elles sont déviées, elles conservent un assez long temps leur nouvelle position, tout comme la molécule d'acier dans les aimants, quoique à un bien moindre degré.

Pour donner une idée de la différence considérable qu'éprouvent les corps dans leur résistance à la déviation de leurs molécules, nous reproduirons l'opinion de Maxwell, qui a reconnu que la polarisation persiste des années dans certaines espèces de verre, tandis qu'elle ne dure pas un billionième de seconde pour la molécule de cuivre.

On se rend aisément compte, par notre hypothèse, de la raison de la mauvaise conductibilité des gaz. Non seulement les molécules y sont en état perpétuel de mouvement, ce qui rend leur orientation difficile à maintenir, mais encore, eu égard à leur éloignement réciproque, l'éther propulsé par chacune d'elles est mal repris par celle qui la suit. Aussi les vapeurs de mercure elles-mêmes sont-elles mauvaises conductrices.

Mais si on saisit bien la difficulté de l'orientation moléculaire et de la transmission de molécule à molécule dans les gaz et les vapeurs, on a quelque peine à comprendre pourquoi ils abandonnent si difficilement leur éther alors que les métaux le cèdent avec une si grande facilité.

Il y a là une question de liaison de molécules matérielles à molécules éthérées que nous n'avons pas la prétention d'expliquer, mais dont nous rencontrons sans cesse des exemples.

Par quel mécanisme une éponge, un morceau de sucre, certains sels, l'acide sulfurique, la potasse caustique, gardent-ils leur eau de capillarité, de cristallisation ou de combinaison en quantité considérable parfois, tandis que les sels efflorescents et les corps simplement imbibés l'abandonnent si facilement?

Pourquoi une molécule de carbonate de soude amorphe est-elle anhydre, tandis que la même molécule, pour cristalliser, s'adjoint dix molécules d'eau soit deux fois son poids environ?

Si nous passons à l'absorption des gaz par les molécules des solides et des liquides, nous sommes témoins des mêmes phénomènes de liaison ou d'alliage.

Le palladium peut absorber 1.000 fois son volume d'hydrogène, et cet alliage, car c'est un véritable alliage, est détruit à 200°; l'eau dissout à 0° 1.050 fois son poids d'ammoniaque; à 70°, il n'y a plus de dissolution.

On voit donc bien clairement qu'une liaison intime s'établit entre les molécules matérielles et les molécules gazeuses, et cette liaison varie en des proportions considérables, non seulement avec la qualité des molécules, mais avec leur état physique, de température principalement.

Qu'a de plus inexplicable la liaison de la matière et de l'éther?

Nous pouvons donc conclure, sans témérité, que chaque molécule matérielle se lie d'une façon particulière avec l'éther, et que cette liaison varie avec les divers états de la molécule ; ainsi, la vapeur d'eau en absorbe une grande quantité qu'elle abandonne en se condensant, et l'on a même fondé là-dessus un mode de production de l'électricité.

On comprend bien de la sorte pourquoi les réactions chimiques dégagent de l'électricité.

Si nous mettons dans de l'acide sulfurique étendu d'eau un morceau de zinc, il se formera du sulfate de zinc, les molécules se seront transformées, et, les nouvelles absorbant moins d'éther que les précédentes, une certaine quantité de ce fluide restera libre dans le liquide, à l'état d'électricité positive par conséquent.

Si, au contraire, les molécules résultantes absorbaient de l'éther, la réaction serait productive d'électricité négative.

Cette vue permet de saisir le fonctionnement des piles électriques dont il sera parlé plus loin.

Afin de donner une idée du pouvoir isolant des gaz et de l'air en particulier, nous citerons l'exemple suivant :

L'usine qui fournit la lumière électrique à la ville de Limoges emprunte sa force motrice à l'usine du Saillant, dans la Corrèze, distante de plus de 80 kilomètres.

L'électricité arrive sous une tension de 20.000 volts, le fil conducteur reste nu et la déperdition, malgré cela, est faible ; bien plus, pour prévenir les effets désastreux d'une pareille tension en temps d'orage, on rapproche en certains points les fils d'amenée et de retour à une distance de 16 millimètres pour permettre, le cas échéant, la décharge de l'un à l'autre.

Eh bien ! malgré cette précaution et en dépit de la faible couche d'air interposée, l'éther s'échappe le plus souvent par l'isolateur en porcelaine, qu'il perfore.

Champs électrostatiques.

De même que, dans le magnétisme, tous les effets qui se manifestent à distance sont produits par le flux d'éther engendrant un champ magnétique, de même, dans tous les phénomènes électrostatiques, l'influence ou l'induction est due à des lignes de force qui créent un champ dit électrostatique.

Cette question des champs est des plus importantes et des plus obscures encore et il y a été peu ajouté depuis Faraday. Nous essaierons cependant d'apporter quelque clarté dans leur étude en y transportant notre hypothèse, mais sans sortir toutefois du domaine des choses expérimentées.

Commençons par exposer ce que dit Faraday dans son ouvrage *Expérimental researches :*

L'induction semble consister en un certain état de polarisation des particules du diélectrique, déterminé par l'action des corps électrisés ; état dans lequel les particules seraient positives d'un côté, négatives de l'autre, et seraient disposées régulièrement les unes par rapport aux autres, et en relation avec la surface ou les particules mêmes du corps inducteur; ce n'est que dans les corps isolants que cet état de polarisation peut se produire.

Sans nous arrêter à cette dernière assertion que la polarisation des molécules se produit seulement dans les isolants, ce qui a été reconnu inexact, cherchons à interpréter, d'après les idées de Faraday et celles des savants qui l'ont suivi, la constitution d'un champ magnétique.

On se rappelle que, dans notre théorie, nous avons, comme Faraday lui-même, attribué à chacun des côtés des molécules un pôle ; mais, par suite de la forme propulsive que nous avons assignée à notre molécule, nous avons pu préciser en nommant *négatif* le côté aspirant, *positif* le côté refoulant.

Lorsqu'un réservoir est rempli d'électricité positive, c'est-à-dire d'éther comprimé, ce dernier fait effort pour se répandre à l'extérieur en orientant, comme nous le verrons plus loin, les molécules métalliques, normalement à la surface.

Ces molécules étant animées de mouvements de rotation fort rapides, l'éther s'échappera en tourbillons qui, se frayant un

passage à travers l'air atmosphérique, s'y conserveront grâce à leur forme, à la résistance et à l'imperméabilité de l'air.

Ces tourbillons vont décharger l'éther du réservoir dans les corps conducteurs les plus voisins et les plus perméables, alors même qu'ils sont fort éloignés, tels que sol, plafond, murs, etc......, mais jamais dans l'air qu'ils se bornent à traverser.

Ce sont là les lignes de force de Faraday, que nous avons déjà étudiées comme lignes de force magnétiques; Faraday leur donne comme propriété une tendance à se raccourcir et à se repousser mutuellement.

Depuis Faraday, presque tous les savants ont attribué aux lignes de force la forme tourbillonnaire, et Helmholtz a prouvé que, sous cette forme, une fois nées elles étaient indestructibles. C'est cette forme que nous avons aussi adoptée ; elle correspond à notre manière d'envisager les phénomènes magnétiques et électrostatiques, elle rend en outre parfaitement compte de l'élasticité dont elles sont douées et de la répulsion qu'elles exercent transversalement les unes sur les autres.

Si le réservoir considéré jusqu'ici, au lieu d'éther comprimé renfermait de l'électricité négative, c'est-à-dire de l'éther raréfié, les mêmes lignes de force se produiraient, mais elles seraient alors aspirantes au lieu d'être refoulantes.

Comme on le voit, d'après toutes les circonstances qui accompagnent les phénomènes électrostatiques, les lignes de force qui vont influencer les corps à distance ne sont autres que des lignes de décharge des réservoirs d'électricité ; ce sont de vrais fils conducteurs élémentaires que le réservoir d'électricité se crée au moyen des molécules de l'air pour rétablir son équilibre avec l'extérieur, mais ces fils conducteurs sont à décharge lente.

L'espace qui environne les réservoirs d'électricité est rempli de lignes de force ou d'induction.

Pour nous rendre familières la forme et la manière d'être réciproques des lignes de force, reproduisons quelques distributions tirées du *Traité d'électricité et de magnétisme* de Maxwell.

Tout d'abord, la forme des lignes produite par deux corps électrisés de même nature dont les charges sont dans le rapport de 20 à 5.

On voit les lignes s'échapper normalement des surfaces, mais dans les parties en regard elles s'infléchissent, s'aplatissent et se repoussent transversalement; les ligne émanant de la

près ces diverses manières d'être, que les li-
rgées d'éther qui sans cesse rayonnent vers la
orage, lorsqu'elles viennent à rencontrer une
, l'affolent.

ssi qu'elles apportent une perturbation sur
ués à la surface de la terre et en particulier
corps humain.

CHAPITRE X

DIÉLECTRIQUES

supposait jadis que les *diélectriques* ou corps mauvais teurs jouaient, vis-à-vis de l'électricité, un rôle purenerte ; on est revenu depuis longtemps de cette idée, et d'hui ces corps sont classés parmi les plus actifs ; mais, de s'électriser ou de se désélectriser instantanément, molécules se déséquilibrent avec difficulté, en revanche nservent longtemps leurs nouvelles orientations.
i. d'après les phénomènes qui se produisent dans les riques, comment on peut se représenter la manière s se comportent.

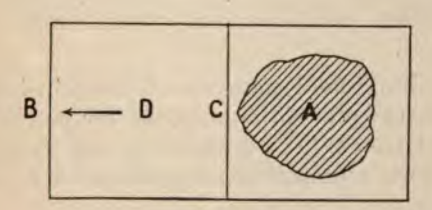


Fig. 22.

posons que sur une plaque de métal horizontale on le une certaine quantité d'eau, cette eau se rassemblera e surface quelconque A, en équilibre avec le milieu ennant ; inclinons un peu la plaque vers B ; si en C se e une barrière imperméable à l'eau, cette barrière sera iélectrique absolu et l'eau sera arrêtée ; si, au contraire, est perméable, le liquide finira par la traverser et le diéique sera relatif.

Mais [illegible] répandre sur la surface [illegible] se laissera mouiller [illegible] uniformément [illegible] conducteur [illegible] l'eau [illegible] suffisante grâce [illegible] ces [illegible] être assimilées à des [illegible]

Si D [illegible] lignes de force se [illegible] passage [illegible] ne se laisse pas mouiller, est mauvaise conductrice [illegible] électrique par rapport à l'eau comme l'air l'est par rapport à l'éther.

Si au [illegible] résistance [illegible] moindre, toute eau s'écoulerait par [illegible] c'est ce qui arrive lorsqu'on place un barreau de fer [illegible] en face d'un aimant ou un conducteur [illegible] de l'éther : les lignes de force s'infléchissent pour traverser le fer ou le conducteur de préférence à l'air qui est [illegible] perméable. On a tiré un grand parti de cette propriété dans [illegible]

Un morceau de feutre est un conducteur pour l'eau parce qu'il se laisse mouiller. Il [illegible] suivant l'expression même créée par Faraday [illegible] électricité : un morceau de liège, qui ne se laisse pas mouiller, est mauvais [illegible]

[illegible] corps absolument [illegible] sont rares : la [illegible] laissent plus [illegible] par l'éther, les plus [illegible] sont les gaz [illegible] l'air, isolant presque [illegible] puis viennent les [illegible] à la suite les soli-

[illegible] la conductibilité dépend souvent d'ailleurs de [illegible] au diélectrique. [illegible] Kelvin a pu conserver des années de [illegible] dans une ampoule [illegible] même verre [illegible] se laisse au contraire [illegible] et la résistance de la gutta-percha est [illegible] à [illegible] qu'à 24 [illegible] degrés.

[illegible] peuvent être considérés et étudiés sous [illegible] différents, soit comme agents actifs dans [illegible] électricité, tels la résine dans l'électrophore [illegible] machine électrique, soit comme agents

modificateurs, tels les diélectriques gazeux dans les champs magnétiques et électromagnétiques, et la lame de verre dans le condensateur.

Explication des propriétés diélectriques.

En parlant des bons et des mauvais conducteurs, nous les avons distingués seulement par ce fait que les uns conduisent bien et les autres conduisent mal l'électricité.

Les électriciens supposaient autrefois que les substances diélectrique arrêtaient franchement un courant et les lignes de force d'éther ; Faraday établit le contraire, et depuis lors Maxwell et la plupart des physiciens ont abondé dans son sens ; s'il en était autrement, en effet, tous les diélectriques devraient se comporter de même façon vis-à-vis de l'électricité ; or, ils se comportent de façons différentes, il se passe en eux quelque chose, ils sont le siège de phénomènes particuliers, mais lesquels ?

Nous reportant au mode de conduction que nous avons attribué à l'éther, tant dans les courants que dans les lignes de force, nous répéterons que, dans tous les cas, l'éther est conduit et propulsé par la molécule préalablement orientée.

Les gaz sont mauvais conducteurs parce que leurs molécules conservent mal l'orientation, ou du moins exigent pour son maintien un effort considérable.

Les liquides sont mauvais conducteurs pour la même raison, quoique à un bien moindre degré.

La mauvaise conductibilité des gaz et des liquides tient donc à leur constitution propre ; il n'en est pas de même pour les solides.

Ici, en effet, les molécules étant fixes se prêtent à l'orientation, sauf dans certains corps dits mauvais conducteurs, diélectriques comme les appelle Faraday. A quoi tient dans ce cas la mauvaise conduction ?

Pourquoi une lame de verre laisse-t-elle orienter si péniblement ses molécules ? Pourquoi l'éther la traverse-t-il si mal ? On a expliqué ce fait par une orientation due à l'élasticité moléculaire ; les molécules du verre arrêteraient l'éther d'un courant tout en prenant son orientation de la même façon

qu'elles laissent passer les vibrations lumineuses en arrêtant l'éther, et tout comme les molécules du bois transmettent le son par simple élasticité, tout en arrêtant l'air.

Cette explication, en ce qui concerne l'électricité, manque de précision et de vraisemblance ; en outre, elle paraît ranger les corps sous deux régimes différents au point de vue de la conductibilité.

Nous pensons, quant à nous, que la même cause s'applique à tous les corps et qu'il n'y a qu'une question de degrés; cette cause sera toujours d'ailleurs la forme de la molécule.

Reprenons cette molécule propulsive. Dans un métal, corps bon conducteur, la forme propulsive étant accentuée, la molécule s'orientera facilement sous un courant ou une ligne de force d'éther, et dès qu'elle sera orientée elle propulsera pour son propre compte.

Mais il peut arriver que la molécule soit de forme peu propulsive, que se produira-t-il alors? Cette molécule ne s'orientera que lentement, mais elle finira quand même par s'orienter et prendre une rotation appropriée à celle du courant ou de la ligne de force excitateurs, seulement la propulsion sera très faible.

Par suite de la constitution de la molécule, la conduction sera donc très rapide dans un circuit métallique où elle prend le nom de courant, mais elle sera très faible dans les diélectriques où elle prend le nom et le caractère de ligne de force, la ligne de force n'est que la forme du courant dans les diélectriques.

La conclusion est que **dans les corps conducteurs la molécule est très propulsive et que dans les diélectriques elle l'est peu;** en outre, **la ligne de force n'est que la forme du courant dans les diélectriques.**

Nous avons à peine besoin de faire ressortir l'identité des phénomènes diélectriques ainsi présentés, avec ceux qui se produisent dans l'hydraulique.

Supposons une turbine plongée dans un courant d'eau et mobile autour de son centre ; si la turbine est très propulsive, elle s'orientera rapidement et se mettra à tourner à l'unisson du courant, qu'elle ne retardera pas.

Si elle est de forme peu propulsive, à ailes presque plates, la molécule s'orientera difficilement, et le courant sera ra-

lenti : la conséquence de ce ralentissement sera que, pour suffire au débit, le courant devra s'étendre en largeur et augmenter son volume.

Le caractère de la ligne de force sera donc : courant ralenti et élargi.

On retrouve, dans les corps, tous les degrés, depuis la molécule-turbine conductrice, jusqu'à celle absolument diélectrique.

Cette explication tire une grande vraisemblance du fait suivant : dans les diélectriques, l'éther, avançant peu, est surtout rejeté au pourtour, et de là doit résulter entre les lignes de force une répulsion, qui a été établie par Faraday, et un accroissement de volume des diélectriques dans le sens transversal, qui a été reconnu par la science.

Dans les courants, au contraire, où la propulsion est énergique, il n'a été reconnu aucune trace d'écartement.

Mais il y a lieu de distinguer entre les diélectriques gazeux et les diélectriques solides ; dans les premiers, la dilatation pouvant se produire en tous sens, les lignes de force s'écartent suivant les besoins, et le courant passe quand même, quelquefois il est vrai au prix d'un ralentissement considérable.

Si le diélectrique est solide, l'écartement des lignes de force étant contrarié, le courant ne peut s'étendre en largeur et par suite ne passe plus; c'est le cas de la lame de verre dont les molécules finissent bien par s'orienter, mais qui transmettent fort mal le courant.

Les molécules diélectriques, s'orientant lentement, se désorienteront de même ; elles sont douées d'une sorte de viscosité analogue à celle des molécules de l'acier dans un aimant permanent.

Une lame en verre laissera donc s'orienter ses molécules sous l'influence d'un champ ou d'un courant; mais le courant qui la traversera sera très faible et réussira tout simplement à accumuler aux surfaces, d'un côté de l'éther comprimé par aspiration, de l'autre de l'éther raréfié par propulsion.

Cette aspiration et cette propulsion sur les surfaces suffiront pour orienter les molécules des corps voisins, y créer en un mot une influence.

Si ces vues sont exactes, on peut prévoir qu'un diélectrique parfait, c'est-à-dire dont la molécule ne serait nullement pro-

pulsive, serait absolument incapable de s'orienter et resterait purement inerte vis-à-vis des influences électriques.

Ces explications, en écartant toute cause imprécise et toute distinction injustifiée entre les divers corps, rend, ce nous semble, compte d'un façon claire et simple des diverses manières d'être des diélectriques.

Electrophore.

Examinons tout d'abord l'électrophore, sorte de machine électrique élémentaire qui se compose d'un gateau de résine A au-dessus duquel on place un plateau en bois B recouvert d'une feuille d'étain et manœuvré par une tige en verre.

On frappe le gâteau de résine avec une peau de chat, les molécules superficielles sont alors orientées dans le même sens ; mais, l'éther circulant mal dans la résine, il ne se produit qu'une faible raréfaction à la surface, partant peu d'électricité négative, aussi n'obtient-on que de faibles étincelles qui n'intéressent que les points seuls où on la touche.

Dès que le plateau B est placé sur le gâteau de résine, le contact n'ayant lieu que par quelques points vu la rugosité des surfaces, une influence s'établit dans l'étain, ses molécules s'orientent dans le sens de celles de la résine et accumulent l'éther à la partie inférieure en le raréfiant à la partie supérieure.

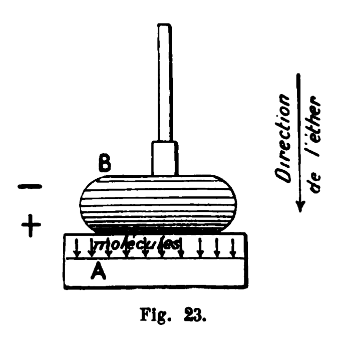


Fig. 23.

Si on soulevait alors le plateau, tout rentrerait dans l'ordre et il ne contiendrait plus comme devant que du fluide à tension neutre; mais touchons sa partie supérieure pendant

qu'elle est encore soumise à l'influence, de l'éther rentrera, et la partie supérieure du plateau se trouvera à la tension ambiante, tandis que la partie inférieure restera en surtension; le plateau étant alors enlevé, les molécules reprendront leur équilibre, la pression s'uniformisera en tension et on obtiendra une étincelle en approchant le doigt.

Les molécules de la résine ayant conservé leur orientation, on peut recommencer l'expérience, mais chaque fois l'étincelle ira s'affaiblissant. Dans le condensateur, nous retrouverons cette même manière d'être de la molécule diélectrique.

Condensateur à lame d'air.

C'est précisément en étudiant l'influence de l'électricité sur les diélectriques que Faraday a remarqué que leurs molécules s'orientaient, et nous avons rapporté plus haut l'expérience des brins de soie s'alignant entre les deux pôles d'une machine électrique et le phénomène de Kerr lui-même, qui en fournissaient la preuve.

Mais de cette orientation quelle sera la conséquence? On invoque encore ici l'hypothèse d'Ampère qui attribue à chacune des extrémités des molécules orientées de l'électricité positive et de l'électricité négative ; on admet en outre, mais sans en expliquer le pourquoi, que les électricités de nom contraire s'attirent et se retiennent face à face.

Notre hypothèse rend, ce semble, mieux compte de tous les phénomènes présentés par le condensateur, qui ne laissent pas que d'être fort divers et déconcertants de prime abord.

Prenons un conducteur quelconque A, isolé du sol, mettons-le en communication avec une source électrique qui lui donne une tension T je suppose, et examinons ce qui va se passer en supposant que nous ayons affaire à un diélectrique ambiant fluide, l'air par exemple.

Sous la tension T, de l'électricité ou éther va remplir le conducteur sous la forme statique, et, comme nous l'avons déjà vu, les molécules ou petites turbines vont s'orienter et les lignes de force s'épanouir en tous sens, normalement à la surface; en prenant une importance proportionnée à l'insuffla-

tion, c'est-à-dire à la tension ; l'influence s'établira, en un mot, conformément à la figure 15 si les armatures sont rapprochées.

A ce moment supprimons toute communication avec la source. A restera chargé uniformément d'éther à la tension T et un pendule à boule de sureau placé sur n'importe quelle face sera repoussé ; mais approchons un second plateau conducteur B, une influence va s'établir, le plateau B étant très perméable, les lignes de force de A vont toutes s'infléchir vers lui pour l'influencer, et l'influence sera réciproque, car elle aura pour effet d'orienter dans le même sens les molécules de A et celles de B.

Dès lors, il y aura en B raréfaction d'éther du côté de A, accumulation sur l'autre face, en A accumulation du côté de B, raréfaction relative de l'autre côté, et le pendule retombera en partie, c'est la distribution de la figure 24.

Si nous mettons la face externe de B en communication avec le sol, l'éther en tension va s'écouler et le plateau ne contiendra que de l'éther raréfié.

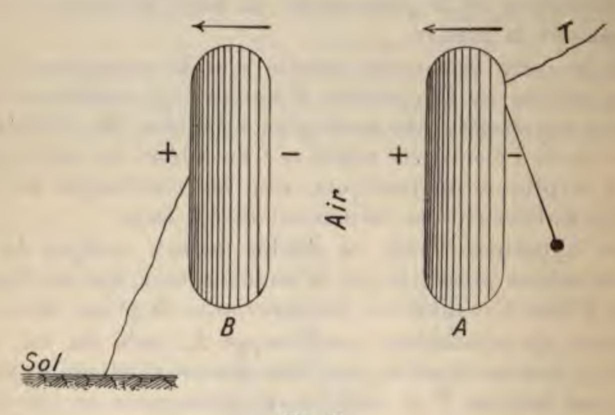


Fig. 24.

Mais, de son côté, la face externe de A ne contient plus d'éther à la tension T, et si nous remettons l'armature en communication avec la source, cette face absorbera une nouvelle quantité d'éther, le pendule A se relèvera et les phénomènes précédents se reproduiront ou plutôt iront s'accentuant.

ence d'une seconde armature et l'interposition d'une
électrique d'air, qui a permis la formation des lignes
t par suite l'influence, a donc pourvu l'armature A
acité bien supérieure à celle qu'elle possédait lors-
it isolée.

Condensateur à lame de verre.

précédent est sensiblement accru si on remplace la
par une lame mince de verre : on obtient alors le
eur d'Æpinus ; l'armature A en communication
urce électrique est dite *collecteur*, l'armature B en
ation avec le sol est dite *condensateur*. Ces deux ar-
ont simplement appliquées mais non fixées contre
e verre, de sorte que les actions réciproques ne se
t que par influence.
mment l'influence s'établira-t-elle de A en B à tra-
ne de verre, puisque cette lame est mauvaise con-
Comment les lignes de force parviendront-elles à
le verre ? C'est là une question fort délicate et en-
rfaitement élucidée.

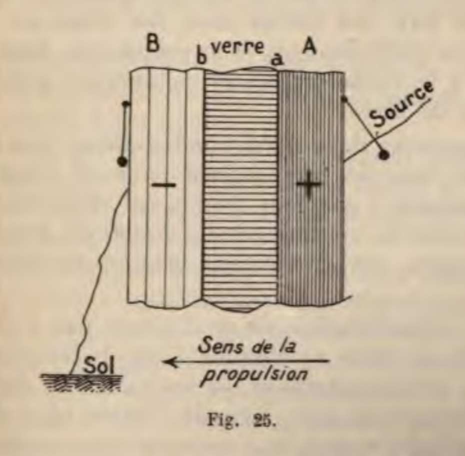


Fig. 25.

vons, quant à nous, expliqué, quelques pages plus
ans faire appel à aucune hypothèse autre que celle

de la molécule asymétrique, que nous attribuions la propriété plus ou moins diélectrique des corps à la forme plus ou moins propulsive de la molécule.

M. Pellat, qui a beaucoup expérimenté sur les diélectriques, a conclu qu'un diélectrique solide ou liquide placé dans un champ constant prend une polarisation qui n'est pas instantanée, et ne la perd que progressivement, lorsque le champ vient à cesser.

Ce même physicien, opérant sur une lame d'ébonite mince, a divisé cette lame en plaques simplement accolées ; après avoir soumis la lame à un champ électrostatique, il a enlevé quelques plaques et il a reconnu que les nouvelles faces présentaient des charges électriques de sens contraire, comme les anciennes. On peut faire la même expérience avec des lames de mica ; ce n'est donc pas de l'éther accumulé ou raréfié dans l'épaisseur de la lame qui produit les phénomènes électriques de condensation, car, alors, chaque moitié ne contiendrait que l'un ou l'autre. C'est la seule orientation des molécules, et cette orientation intéresse l'épaisseur entière de la lame. Mais l'électricité n'apparaît qu'aux surfaces où les molécules travaillent à l'aspiration d'un côté, au refoulement de l'autre.

Il n'y a, à proprement parler, aucune différence fondamentale entre bons conducteurs et diélectriques ; les uns conduisent bien les flux, les autres mal, les premiers propulsent bien, les autres difficilement, et la propulsion dans les diélectriques, qui a le caractère d'une conduction lente, prend le nom de ligne de force.

Nous supposerons dans notre condensateur que nous ayons affaire à une lame de verre mince pouvant s'influencer sur toute son épaisseur ; par leur forme, ses molécules s'orienteront dans le sens du courant ou des lignes de force qui viendront le frapper, mais arrêteront presque totalement le flux d'éther.

Cependant le phénomène ne se limitera pas à l'orientation des molécules du verre : celles de l'air, diélectrique presque parfait aussi, seront polarisées, et les lignes de force tourbillonnaires reprendront dans l'air de l'autre côté de la lame, susceptibles d'influencer à leur tour les corps environnants.

Quant aux molécules du verre, le seul effet immédiat de leur polarisation et de leur rotation sera d'accumuler l'éther

sur une face et de la raréfier sur l'autre, laissant l'intérieur intact.

Les effets de la condensation seront ainsi dus principalement à la réserve d'énergie implicitement contenue dans les mouvements moléculaires du verre.

Comme dans le condensateur à air interposé, les molécules du verre, agissant par influence sur les armatures A et B, y font apparaître les phénomènes déjà expliqués, c'est-à-dire accumulation d'éther contre la face *a*, raréfaction sur la face *b*.

Les quantités d'éther maintenues accumulées ou raréfiées dans les armatures contre les faces diélectrique par l'insufflation et l'aspiration des molécules sont dites *électricités dissimulées*, et l'importance de cette dissimulation sera fonction de la seule rotation des molécules.

Au moment où le condensateur est en communication, d'un côté avec la source électrique, de l'autre avec la terre, et lorsque l'équilibre est établi, interrompons toutes communications.

Dans l'armature A nous nous trouverons avoir de l'éther sous deux régimes : une partie refoulée et maintenue contre la face *a* du diélectrique par la propulsion ou insufflation des molécules, partie vraiment dissimulée, et, du côté de la face extérieure, de l'éther à la tension de la source ; cette dernière partie, libre, s'accuse par la répulsion d'un pendule fixé à l'armature.

Sur la face extérieure de B, au contraire, tension nulle puisqu'elle communiquait tantôt avec le sol, et un pendule qui y est appliqué reste inerte.

Touchons A avec le doigt, l'éther libre en tension s'écoule, le pendule retombe et l'insufflation des lignes de force va diminuer dans l'armature A d'abord, dans la lame de verre ensuite, et finalement dans l'armature B.

Or, ce qui maintenait la tension de l'éther raréfié de B au niveau de la tension extérieure, ce qui dissimulait cette raréfaction, c'était précisément cette insufflation ; donc, dès qu'elle sera diminuée, il y aura électricité négative manifestée, et le pendule tout à l'heure au repos se relèvera.

On pourrait ainsi par contacts successifs arriver à décharger complètement les armatures, c'est-à-dire à les replacer à la tension ambiante.

Mais on peut aussi les décharger instantanément en met-

tant en communication A et B au moyen d'un excitateur; l'étincelle obtenue est alors considérable. En réalité, sauf dans certaines conditions de résistance, la décharge est discontinue comme lorsqu'on opérait par contacts successifs, et l'étincelle se compose d'une série d'étincelles très rapprochées.

Cela se passe bien ainsi que nous venons de l'indiquer, car si nous prenons une bouteille de Leyde décomposable, et que nous la démontions par parties sur un gâteau isolateur de résine, nous reconnaîtrons que l'armature extérieure B fournit une étincelle.

Et ici nous appelons l'attention sur une apparente anomalie : l'armature B, qui ne fournissait pas d'étincelle, qui ne repoussait pas un pendule et qui, par conséquent, ne contenait pas d'électricité alors qu'elle était appliquée contre le verre, en fournit maintenant qu'elle en est séparée. C'est bien là un de ces faits singuliers que nous avons signalés comme affirmant ou mettant en échec une théorie ; or, cette anomalie, chez nous, s'explique aisément.

La rotation des molécules de l'armature B propulse, chasse, raréfie à la manière d'un ventilateur l'éther y contenu, et c'est grâce à cette propulsion que cet éther, quoique raréfié, se trouve faire équilibre à la tension extérieure; mais que l'on sépare l'armature du verre, alors l'influence et par suite l'orientation disparaissant il ne reste plus que de l'éther en sous-tension.

Le même phénomène s'accuse d'ailleurs dans l'armature intérieure ; lorsqu'elle est retirée, avec des précautions suffisantes de l'intérieur du verre, toute l'électricité dissimulée, tout l'éther refoulé contre la face *a* redevient libre.

L'insufflation d'éther est bien manifeste, la molécule doit donc pouvoir propulser et c'est en cela seul, on s'en souvient, que consiste notre hypothèse.

En recomposant la bouteille de Leyde, on peut reproduire de nouvelles étincelles ; le vrai siège de l'électricité est donc le verre, soit que l'éther ait été accumulé ou raréfié dans ses profondeurs, auquel cas le diélectrique jouerait le rôle de réservoir, soit, ce qui est plus probable, que les molécules de verre soient simplement orientées; dans ce cas, le verre ferait simplement office de volant et l'énergie qu'il détient serait de l'énergie moléculaire.

Accroissement du volume des diélectriques électrisés.

On a reconnu que les diélectriques solides et liquides électrisés augmentent de volume, et les premiers non dans le sens de l'orientation des molécules, mais dans le sens transversal.

La raison de ce fait paraît facile à établir. Les molécules orientées tournent sur elles-mêmes ; si la rotation n'est autre que celle normale au corps comme dans un barreau d'acier aimanté, le volume ne varie pas, mais si cette rotation a été accrue, la force centrifuge accroît la répulsion réciproque des molécules, et il y a écartement dans le sens de cette rotation.

TROISIÈME PARTIE

ÉLECTROCINÉTIQUE

TROISIÈME PARTIE

ÉLECTROCINÉTIQUE

CHAPITRE XI

COURANTS

squ'on met en communication par un fil métallique deux oirs contenant, l'un A de l'électricité positive, l'autre l'électricité négative, l'équilibre se rétablit d'une façon tanée.

partisans des deux fluides admettent forcément l'existence de deux courants parcourant simultanément le même n allant de A en B, l'autre de B en A.

re l'invraisemblance de ces deux courants circulant sinément en sens contraire, l'explication des courants se 'une façon bien plus simple et plus naturelle en adop- 'hypothèse d'un fluide unique.

cause des courants ne diffère en rien de celle du magné- et de l'électricité statique ; mais alors que, dans cette re, l'éther agit par sa seule élasticité, dans l'électrodyue il agit par sa force vive. Dans le premier cas, en effet, tation des molécules ayant lieu dans un réservoir feréther propulsé va s'accumuler à un pôle, se raréfier à . Dans le second, la propulsion a lieu dans un conduit ni, et dès lors l'éther circule, il y a *courant*.

sont les diverses manières d'être de ce courant qui con- nt les diverses formes de l'électricités dynamique.

Pour qu'il y ait courant, il est nécessaire que, dans le parcours d'un conduit, il se trouve une cause susceptible d'orienter les molécules et de leur imprimer au besoin un surcroît de rotation.

Nous examinerons plus loin les moyens employés pour obtenir ce résultat, mais tout d'abord étudions le courant en lui-même.

Lorsqu'en un point d'un circuit les molécules sont orientées, l'éther est propulsé, et de proche en proche, mais avec une très grande rapidité, cet éther oriente les molécules du métal, comme, au fil de l'eau, tous les filaments fixés au fond ou aux bords d'un ruisseau s'allongent dans la direction du courant, et ce résultat se comprendra mieux encore si nous considérons un tuyau rempli de petites turbines mobiles.

Dans un corps solide, où toutes les molécules restent à des distances invariables, le seul mouvement qui leur soit permis est une rotation autour de leur centre ; c'est donc autour de ce centre que les petites turbines s'orienteront.

Cette polarisation des molécules a été admise par Faraday, Maxwell, lord Kelvin, Secchi et presque tous les physiciens. Maxwell admet en outre qu'une portion de l'énergie doit être sans cesse employée à maintenir l'orientation.

L'orientation des molécules doit être presque instantanée et sans liaison avec la vitesse ; la première poussée se transmet, en effet, à toutes les tranches suivantes à la vitesse de 300.000 kilomètres par seconde, et c'est de cette première poussée, qui n'est autre chose que l'onde, que doivent résulter tous les effets de direction et aussi ceux de transmission.

S'il y a simplement orientation dans le sens du fil et que la rotation des molécules reste à peu près celle qu'elles possèdent normalement, il y aura simple courant à la tension ambiante, comme cela se produit dans les fils télégraphiques ou téléphoniques, qui exigent une faible tension ; l'éther, dans ce cas, a une tendance presque nulle à s'échapper.

Le courant d'éther peut alors être comparé à celui d'un ruisseau où les berges et la pression atmosphérique suffisent à assurer l'écoulement au prix d'une faible déperdition, infiltrations, évaporation, etc. Pour obtenir un débit plus considérable, il suffit d'augmenter le lit du ruisseau, en l'espèce, la section du fil, ou sa pente, en l'espèce la vitesse d'écoulement.

Dans l'étude des courants, nous ferons sans cesse appel à

cette comparaison avec le courant de l'eau, et les analogies sont innombrables.

Nous dirons même plus, elles ne se démentent pas un instant; parmi elles, nous citerons la suivante qui met en parfaite évidence la presque identité d'un courant électrique et d'un courant hydraulique.

A l'Exposition universelle de 1889 figurait un spécimen de chemin de fer hydraulique dû au génie inventif de l'ingénieur Girard. Ce chemin de fer, qui avait d'ailleurs fonctionné dès 1860 sur une petite échelle à la Jonchère, près de Bougival, consistait en une conduite d'eau sous forte pression, laquelle actionnait une turbine placée sous un wagon; au fur et à mesure de l'avancement et de distance en distance, un déclanchement ouvrait la conduite et un jet d'eau venait frapper et actionner la turbine.

Est-ce qu'on ne reconnaît pas là l'application avant la lettre du système de tramways électriques à trolley installés en si grand nombre depuis quelques années? Ici aussi nous avons une conduite d'éther à haute tension, et sur tout le parcours de la voiture une tige de fer ou trolley, frottant contre la conduite, fait office de tuyau conduisant l'éther dans une sorte de turbine placée sous la voiture.

La ressemblance avec le système Diatto est plus frappante encore, car ici c'est seulement de distance en distance, comme dans le système Girard, que la turbine reçoit le courant.

En effet, dans les deux cas la canalisation est souterraine, et c'est par des bornes espacées, sortes de robinets que la voiture ouvre et ferme automatiquement, que le courant est lancé dans la turbine.

L'éther, à la vérité, est assimilable non à un liquide, mais à un gaz parfait; toutefois, pour éviter la comparaison avec les courants gazeux qui nous sont peu familiers, il suffira de considérer que, dans un courant électrique, l'éther ne travaillant, comme le gaz d'ailleurs, que par sa force vive sauf quelques points de mise en train et d'interruption, l'assimilation avec un liquide peut être acceptée sans inconvénient.

Si l'appareil dynamo-électrique qui produit le courant est doué d'une énergie suffisante, non seulement il orientera les molécules, mais il les pourvoira d'une rotation plus énergique que celle dont ils sont naturellement pourvus ; la propulsion sera alors plus active.

Comme pour l'eau, l'énergie utilisable dans le parcours sera fonction du volume d'éther écoulé ou *ampères*, de la pression ou *volts* et des diverses résistances mesurées en *ohms*.

Telles sont les trois quantités vraiment importantes à considérer dans les courants, et une relation fort simple les relie à chaque instant et en chaque point, à savoir : *le voltage ou différence de potentiel est le produit de l'intensité évaluée en ampères par la résistance mesurée en ohms*, c'est la loi de *Ohm* qui se trouve à la base de l'étude de l'électricité industrielle.

Comme en hydraulique, le travail produit mesuré en *watts* est égal au produit des ampères par les volts.

C'est, comme nous l'avons déjà indiqué, le mathématicien anglais Green qui, pour les besoins du calcul, a créé le *potentiel* par analogie avec l'hydraulique.

Bien qu'il ne s'agisse que d'un courant, on a conservé dans la terminologie électrocinétique les expressions *positif* et *négatif*, mais cela signifie simplement *courant de départ* et *courant de retour*.

Dans les courants à forte tension surtout, pour éviter une déperdition considérable d'éther par la surface lorsque le fil conducteur est placé dans la terre ou dans l'eau, il est nécessaire d'en faire un vrai conduit fermé, en le recouvrant d'enveloppes isolantes. Lorsque le fil est placé dans l'air, toute précaution est inutile, car l'air est le meilleur isolant connu.

Si en un point le circuit est interrompu, si le fil est coupé, le courant cesse, à moins que ce fil ne fasse partie d'un réseau général, auquel cas l'éther continuera à s'écouler par le point sectionné ; tout comme dans une canalisation d'eau générale, lorsqu'une conduite de faible importance vient à se rompre, l'eau continue à s'écouler sans empêcher, de façon irrémédiable, le fonctionnement général.

Donc, en toutes ses parties, un courant électrique se comporte comme une canalisation hydraulique.

Supposons une conduite d'eau formant un circuit complet, en un point une turbine ou une hélice actionnée par un moteur quelconque propulse l'eau sous une certaine pression ; en même temps que le liquide sera propulsé en avant il sera aspiré en arrière.

Sur le parcours de la conduite imaginons diverses turbines, ces turbines tourneront et iront actionner à l'extérieur des

machines qui absorberont une partie de la pression du courant.

Bref, ce courant reviendra au point de départ après avoir perdu tout ou partie de sa pression; mais, comme aucune goutte d'eau ne se sera échappée, cette eau reviendra sous le même volume.

Si, dans le parcours, le tuyau présente des sections différentes, la vitesse s'accélérera dans les étranglements, se ralentira dans les dilatations et, revenue au point de départ, l'eau sera reprise par la turbine motrice qui lui redonnera une pression nouvelle.

C'est exactement de cette façon que se comporte un courant continu d'éther, une dynamo en un point du circuit donne la tension; cette dernière fait fonctionner sur le parcours des dynamos secondaires, ou alimente des lampes, ou s'use en frottements, finalement l'éther revient au point de départ avec une tension fortement affaiblie ou même nulle, mais le volume d'éther reste le même; en un mot, son intensité ne varie pas, et sur n'importe quel point du parcours un galvanomètre est également dévié, et un voltamètre accuse la même quantité d'eau décomposée.

Dans un circuit d'électricité, le voltage se perd en effet, mais l'intensité ne varie pas; par suite, si dans le parcours le fil vient à s'étrangler, la vitesse s'accélère et on a mis cette accélération à profit pour produire la lumière à incandescence.

Enfin, dernière ressemblance, pour interrompre ou rétablir un courant d'eau dans une conduite, on se sert de robinets; ces robinets sont aussi usités en électricité, on ouvre ou on ferme une conduite d'éther comme une conduite d'eau; le robinet consiste quelquefois en un simple bouton qui, lorsqu'on le presse, amène au contact les deux bords d'une conduite interrompue et rétablit le courant.

En hydraulique, on ouvre un courant lorsqu'on établit la communication; en électricité, on dit qu'on le ferme; c'est là une regrettable anomalie de langage que rien ne justifie.

Une seule différence peut être relevée entre courants d'eau et d'éther.

Les résistances sont, dans les courants hydrauliques, proportionnelles au périmètre de la conduite, seul siège des frottements; dans les courants électriques, les résistances sont pro-

portionnelles à la section, mais cette différence confirme l'analogie, car elle tient à la nature même du courant d'éther qui frotte contre toutes les molécules de la section du fil.

Pour qu'il y ait courant d'éther, en effet, les molécules du métal sont nécessaires, car, orientées, elles servent de support au courant; l'éther ne peut circuler à l'état libre, comme nous le verrons dans la suite, la présence de la matière lui est indispensable.

L'éther, dans sa course le long des fils, oriente, avons-nous dit, les molécules. Dans le magnétisme permanent où ces molécules conservent leur rotation normale, les vibrations, c'est-à-dire la chaleur, restent normales aussi ; mais, si la vitesse du courant vient à s'accroître, elle imprime aux molécules une rotation supplémentaire, le nombre des vibrations augmente aussi, et l'on a trouvé que *la température s'accroît suivant le carré de la vitesse*, c'est la loi de Joule.

Lorsque le courant se poursuit d'une façon continue, la décharge est dite *conductive*, par étincelle elle est *disruptive*, par les pointes : enfin, elle est *convectice*.

Intensité et tensions.

Les deux éléments actifs d'un courant sont la quantité par unité de temps ou intensité et la tension ; l'élément passif est la résistance.

Pour faire saisir le rôle et la genèse de chacun de ces éléments, il nous faut reprendre la comparaison hydraulique.

Dans un circuit hydraulique, l'eau peut ou bien stagner, être à l'état statique, ou bien circuler en courant, et la vitesse de ce courant, autrement dit son intensité, peut varier à l'infini ; si l'eau n'éprouve aucune résistance, elle ne sera douée d'aucune tension quelle que soit sa vitesse ; si au contraire elle éprouve une résistance, ne fut-ce que celle due au frottement, une tension sera nécessaire pour la vaincre ; si la résistance croît, la tension devra croître aussi, en un mot, le moteur devra posséder une énergie proportionnée à la résistance.

Supposons un moulin pourvu d'un moteur de 25 chevaux,

si toutes les machines sont débrayées, la résistance sera faible, et le moteur n'aura guère à utiliser que deux ou trois chevaux par exemple ; si les machines sont en travail, le moteur se mettra à la hauteur de la résistance, mais jusqu'à concurrence seulement de 25 chevaux, au delà le moteur s'arrêterait.

Un autre exemple nous fera encore mieux saisir ce rôle de la tension ; dans la conduite d'eau précédente, supposons un étranglement obstrué par un bouchon, le courant sera interrompu, la tension de l'eau s'élèvera pour vaincre l'obstacle, et si elle est insuffisante, le tuyau restera bouché ; dans le cas contraire, le bouchon sera refoulé et le courant reprendra son cours, dépourvu cette fois de toute tension.

C'est l'image frappante de ce qui se passe en électricité.

Un fil métallique est naturellement rempli d'éther à la tension ambiante ; si ses molécules sont orientées dans sa longueur, un courant prend naissance, qui n'emprunte que l'éther normal du fil ; si on augmente la rotation des molécules, le courant s'accélère, l'intensité s'accroît, mais la tension ou le voltage sont simplement ce qui est nécessaire pour vaincre les frottements et maintenir l'orientation des molécules.

Mais que dans le circuit on introduise une résistance nouvelle, et le régime va changer.

Dans une pile, le courant doit vaincre les résistances intérieures, du liquide notamment, et la tension de la pile est proportionnée à la résistance ; mais si cette résistance est trop élevée, si, par exemple, le fil qui réunit les électrodes est coupé, le courant s'arrête.

S'il s'agit de mettre en mouvement un système de tramways exigeant une tension de 550 volts, toute énergie incapable de cet effort ne pourra mettre le courant en mouvement.

De même si, dans un circuit aérien, on pratique une coupure de un centimètre d'intervalle, le courant sera interrompu, mais le générateur d'électricité continuera à aspirer de l'éther par une partie du fil et à le refouler dans l'autre.

Sous cet état, l'éther ou l'électricité sera statique aux deux extrémités, et à chaque instant leur différence de potentiel marquera l'effort fait par le générateur ; si cet effort peut atteindre 30.000 volts, le courant passera sous forme d'étincelles en détachant du fil des particules de métal qui prolongent le fil conducteur lui-même.

Mais aussitôt la tension retombe, et ce n'est qu'après une nouvelle accumulation et une nouvelle raréfaction, qu'une autre décharge pourra se produire ; le courant ne passe ainsi que par saccades, c'est la décharge disruptive.

On voit bien ainsi comment la tension dépend de la résistance et la nécessité de la loi de Ohm énonçant que la tension est proportionnelle à l'intensité et à la résistance.

Comme pour l'eau, la tension électrique peut être obtenue de deux façons différentes : ou par pression continue au moyen d'une pile ou d'une machine à production continue, mais alors les effets sont de peu d'importance ; ou par la force vive comme dans le bélier hydraulique, et alors il faut avoir recours, comme nous le verrons plus loin, aux courants d'induction, véritable source des courants à forte tension.

En électricité comme en hydraulique, la tension n'a rien de commun avec le courant, et une tension élevée peut indifféremment affecter un courant rapide ou lent.

Fil de retour.

Puisque l'éther qui revient à la machine dynamo-électrique a perdu sa tension, on comprend à la rigueur que le fil de retour puisse être supprimé, car l'éther sans tension pourrait aussi bien être puisé dans la terre ; c'est ce qui a lieu en effet pour le télégraphe. Le fil de retour, primitivement considéré comme indispensable, a pu sans grand dommage, vu la faible tension de l'éther, être supprimé, et le retour s'effectue, dit-on, *par la terre ;* mais on voit ce que cela veut dire : l'éther est puisé à la terre et rendu à la terre.

On avait également supprimé ce fil dans les installations téléphoniques, et, s'il a été rétabli, c'est en vertu d'une considération toute subsidiaire.

Dans le cas de suppression du fil de retour, il est indispensable que le dispositif qui sert d'électromoteur soit en communication avec la terre, le grand réservoir d'éther.

Mais peut-on supprimer ce fil dans le cas de fortes tensions? Ici l'aspiration qui se produit par le fil de retour, de par le jeu de la machine dynamo-électrique, elle-même aspirante et foulante, facilite le courant; en outre, le fil ramène

un éther encore pourvu d'une tension appréciable, considérable même parfois, lorsque les énergies branchées sur la conduite générale sont au repos, comme il arrive dans un réseau de tramways, par exemple, lorsque toutes les voitures sont à l'arrêt; dans ce cas, le fil de retour est sinon indispensable, du moins utile pour la meilleure utilisation de l'énergie.

Mais, répétons-le, la continuité du courant n'est pas indispensable ; dès qu'il a desservi la dernière énergie, il peut être écoulé dans le sol, et voici à ce sujet l'opinion de Tesla, un des hommes qui, avec M. d'Arsonval, ont le mieux étudié les courants.

Tesla dit en effet que, si la communication avec le sol peut présenter des inconvénients pour les courants constants ou de faible fréquence, cette communication devient possible, et le fil de retour peut être supprimé pour les hautes fréquences; il est superflu même avec de faibles fréquences lorsque la force électromotrice est considérable, 30.000 volts par exemple. Mais Tesla, qui connaît la puissance des idées reçues, s'empresse d'ajouter que, malgré le résultat de ses expériences, l'application industrielle de la transmission de la force par fil unique paraît encore lointaine ; et cependant l'économie d'un fil de retour dans les cas de transports à grande distance ne serait pas à dédaigner.

Quoi qu'il en soit, et pour nous résumer, disons que, dans toutes les machines dynamo-électriques à fil de retour qu'utilise l'industrie, c'est le même éther qui sert sans cesse ; refoulé par un fil dit *positif*, il rentre par un autre fil dit *négatif* après avoir dispersé dans son parcours tout ou partie de sa tension; par suite de ce mode d'action, la dynamo à fil de retour — et elles sont toutes dans ce cas — doit être isolée, c'est-à-dire à l'abri de toute cause de déperdition.

Si le fil de retour était supprimé, l'éther destiné au courant serait puisé directement dans le sol et y serait rejeté par l'autre extrémité du fil ; la dynamo ferait alors office d'une pompe d'épuisement qui puiserait l'eau dans un réservoir de capacité indéfinie pour la rejeter dans le même réservoir ou en tout autre lieu où son écoulement ne serait pas contrarié.

Si, au lieu de la terre, la dynamo communiquait avec un réservoir limité, une masse métallique isolée par exemple, on peut prévoir que le courant ne tarderait pas à se tarir, et le

vide d'éther se ferait dans la masse métallique qui se trouverait ainsi chargée d'électricité négative suivant le langage des deux fluides.

Courants à haute fréquence.

Une particularité curieuse des courants à haute fréquence est la suivante : lorsqu'un solénoïde est parcouru par un courant de ce genre, un barreau de fer introduit dans son intérieur ne s'aimante plus ; ses molécules, n'ayant pas un temps suffisant pour se tourner et se retourner, ne s'orientent plus du tout. Nous savions déjà que les molécules d'acier étaient lentes à s'aimanter, c'est-à-dire à s'orienter; les molécules du fer doux, quoique bien plus mobiles, ont aussi une limite relativement peu élevée.

Le même phénomène d'indifférence électrique est présenté par le corps humain. M. d'Arsonval, qui a étudié les courants alternatifs jusqu'à la fréquence de trente mille à la seconde, a reconnu qu'à 2.500 notre corps éprouve le maximum de commotion, l'action reste stationnaire jusqu'à 5.000, puis décroît et devient nulle à 10.000 ; à ce moment, les molécules, ne pouvant suivre le mouvement alternatif, restent inertes.

Le courant passe néanmoins, mais cette fois passivement, et sans doute par les intervalles moléculaires, et M. d'Arsonval a prouvé ce passage d'une façon originale en alimentant des lampes à incandescence tenues à la main sans que la personne, siège de cette autoconduction, en ressentît le moindre malaise; et de ce courant passif à haute fréquence, M. d'Arsonval et le docteur Charrin ont même fait la base d'un traitement thérapeutique destiné à activer la nutrition des tissus, et détruisant même les toxines microbiennes, celle de la diphtérie en particulier.

Sans doute il est difficile de concevoir que des molécules puissent se retourner 10.000 fois à la seconde, et celles du cuivre dépassent de beaucoup ce chiffre ; mais lorsqu'il s'agit d'infiniment petits, notre esprit est déconcerté par la grandeur ou l'infinité des nombres. Ne savons-nous pas que dans la lumière la molécule vibre des trillions de fois par seconde, et

qu'est-ce, à côté de cela, qu'un chiffre de quelques milliers?

Mais, en cette matière, une haute autorité vient à notre aide. Maxwell admet en effet que la polarisation, qui est fort lente dans les diélectriques, ne dure pas un billionième de seconde pour la molécule de cuivre.

Potentiel et vitesse des courants.

Il y a nécessairement différence de potentiel entre deux points d'un circuit, et cette différence est d'autant plus grande que le parcours est plus considérable et que plus d'énergie a été distribuée dans l'intervalle. C'est ainsi que, dans un circuit où le fil revient sur lui-même, deux points très rap-

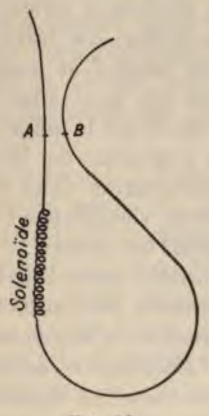


Fig. 26.

prochés, A, B, peuvent se trouver à des potentiels très différents, et l'éther peut dès lors passer directement entre ces deux points en désorganisant les parties intermédiaires au point de les enflammer ; c'est ce que l'on appelle un *court circuit*.

Cette chute de potentiel, ainsi appelée à cause de son assimilation avec une chute d'eau, peut être obtenue en allongeant

artificiellement le parcours par un enroulement du fil en hélice par exemple, disposition qui porte le nom de solénoïde.

Un courant d'électricité qui se borne à orienter et augmenter la rotation des molécules sans accroître leur vibration, ne produit pas de chaleur ; mais cette production parasitaire de chaleur, surtout pour les fortes tensions et les courants alternatifs, est rarement évitée ; il arrive même parfois qu'elle est provoquée intentionnellement, dans les lampes à incandescence par exemple, où on oblige à passer dans un fil très mince un courant à forte tension, ou plutôt à grand débit, car, comme on le sait, la chaleur est proportionnelle au carré de la vitesse du courant.

Dans un fil rétréci, en effet, la vitesse devenant excessive, les molécules entrent en vibration intense et produisent une lumière très vive.

Bien que dans un courant il n'y ait que de l'éther en tension, on est convenu de dire, par analogie avec l'électricité statique, que le courant va du positif au négatif ; cela signifie simplement, ce qui est évident d'ailleurs, qu'il va de la plus forte tension à la plus faible, du refoulement à l'aspiration.

Cependant les termes positif et négatif ont conservé une signification réelle chez les partisans des deux fluides, qui persistent à penser qu'un fil est le siège de deux courants.

Nous avons déjà vu l'opinion de Weber, qui prétend que lorsqu'on met en communication deux réservoirs d'électricités contraires, deux courants s'établissent : l'un du positif au négatif, l'autre du négatif au positif.

Lodge a la même opinion; pour lui, l'éther est formé de la combinaison des deux fluides, et il admet deux courants simultanés, car voici comment il s'exprime en son ouvrage des *Théories modernes de l'Electricité*, édition de 1891 :

Un courant électrique dans un liquide consiste nécessairement en un flux d'électricité positive dans un sens, combiné avec un flux d'électricité négative dans l'autre sens; or, si cela a lieu dans un liquide, pourquoi le même phénomène ne se produit-il pas dans tous les cas?

Nous verrons la même croyance reproduite à propos des décharges oscillantes dans un ouvrage de M. Decombe, paru en 1900.

Ces théories peuvent paraître étranges, alors qu'on explique si simplement les courants par un seul fluide.

L'éther qui forme l'auréole de l'arc voltaïque, se trouvant en tension, est attiré par le pôle négatif et repoussé par le pôle positif d'un aimant.

Quelle peut être la vitesse d'un courant dans un circuit? Nous avons lu, non sans étonnement, dans un ouvrage tout récent et justement apprécié parce qu'il répond bien aux aspirations d'un public qui, éclairé sans être savant, tient néanmoins à être mis au courant des choses de l'électricité, nous avons lu, dis-je, que, contrairement à ce qui se passe dans l'hydraulique, la vitesse de l'électricité dans les fils était invariable, et de 300.000 kilomètres par seconde.

Nous pensons que c'est là simplement la vitesse de transmission ; ainsi, un courant se mettant en marche, son effet se fera sentir au bout d'une seconde à 300.000 kilomètres, par simple poussée ou ondulation, mais la première tranche peut n'avoir encore parcouru que quelques mètres.

Lorsque, dans un tuyau rempli d'air, on enfonce un piston à l'une des extrémités, toute la colonne d'air est refoulée, et la pression est transmise à l'autre bout; c'est ainsi, par exemple, que fonctionnent les horloges pneumatiques. Cette poussée n'a nul rapport avec la vitesse qui est, dans ce cas, très faible ; c'est absolument le même fait qui se produit dans les courants.

En réalité, on ne sait rien de la vitesse des courants électriques; est-elle de 1/10e de pouce ou de cent milles par seconde? se demande Maxwell. On l'ignore.

Ne voit-on pas d'ailleurs que cette vitesse doit forcément varier dans un fil où les sections changent? Et cette vitesse, relativement faible dans un fil à grosse section, ne devient-elle pas excessive lorsque le fil s'étrangle au point d'engendrer des vibrations parasitaires et une lumière intense?

La vitesse des courants n'a pu être mesurée, mais elle doit être considérable, et la molécule seule, avec ses rotations se chiffrant par trillions à la seconde, peut leur servir de moteur et de récepteur.

Passage d'un courant dans les diélectriques liquides et gazeux.

Les courants que nous venons d'étudier circulaient tous dans des fils bons conducteurs au sein desquels les molécules s'orientent dans le sens du courant; ce n'est pas à dire cependant que le courant ne puisse pas traverser les mauvais conducteurs, mais voici dans quelles conditions.

Diélectriques liquides. — Prenons un vase rempli d'un liquide très bon conducteur, de mercure, par exemple, et faisons-y plonger deux électrodes en communication avec les deux pôles d'une pile ou d'une machine électrique. Que va-t-il se passer? Le courant partant du pôle positif parcourra le fil où les molécules vont s'orienter, puis, arrivé au mercure, l'éther s'y répandra d'une façon diffuse, orientant ses molécules en sens divers.

Dans le mercure on ne reconnaîtra plus trace de courant, il se saturera d'éther sous forme d'électricité statique ; cela fait, le courant continuera sa route par le conducteur de sortie, tel le courant d'un ruisseau vient se perdre dans un lac, et ce n'est qu'après l'avoir rempli qu'il reprend son cours par l'émissaire opposé.

Remplaçons le mercure par un liquide mauvais conducteur, de l'essence de térébenthine par exemple, le courant ne se dispersera plus, il se frayera un passage à travers le liquide, orientant ses molécules dans son sens, et c'est pourquoi Faraday eut soin, pour orienter ses brins de soie, de faire passer le courant dans de l'essence de térébenthine pour l'empêcher de se diffuser ; c'est pourquoi aussi le phénomène de Kerr peut se produire, ce phénomène impliquant une orientation moléculaire systématique.

Une comparaison, tirée de l'hydraulique encore, rendra plus claire cette conception du courant à travers les diélectriques liquides.

Tout le monde sait qu'un fleuve, à son embouchure, ne mélange pas immédiatement ses eaux avec celles de la mer, et cela pour plusieurs causes : d'abord le courant suffit à

maintenir la distinction sur une certaine longueur, mais c'est la salure de la mer et la différence des températures qui sont les principaux facteurs de l'isolement.

L'eau de mer peut, par suite, être considérée comme légèrement diélectrique par rapport à l'eau douce, et c'est pourquoi le courant du fleuve des Amazones, par exemple, peut se maintenir dans la mer sur une distance de 400 kilomètres.

Si un pareil courant rencontrait une autre côte suffisamment rapprochée, il pourrait y continuer sa route après avoir traversé une certaine largeur de mer.

C'est l'image exacte du courant d'éther à travers un liquide mauvais conducteur. Si cependant le diélectrique était absolu, si le courant rencontrait une muraille, ou bien il serait arrêté, ou la muraille serait rompue, et c'est le cas de l'étincelle, de la décharge disruptive.

Bien entendu, dans son passage à travers les liquides mauvais conducteurs, le courant d'éther perd de sa tension, et c'est pourquoi on cherche à réduire le plus possible son épaisseur dans la constitution des piles.

Diélectriques gazeux. — Examinons maintenant comment va se comporter un diélectrique gazeux. Lorsqu'on coupe un fil conducteur de courant et que la coupure est faible, le courant la traverse au prix d'une tension considérable, qui est évaluée à 30.000 volts par centimètre d'intervalle dans l'atmosphère ambiante. On peut diminuer cette résistance en remplissant l'intervalle entre les deux lèvres de la coupure de molécules conductrices, et c'est ainsi qu'on opère pour la production de la lumière voltaïque ; on amène d'abord les charbons au contact, on fait passer le courant, on les éloigne ensuite peu à peu ; il se forme de la sorte, entre les deux charbons, un arc de parcelles charbonneuses conductrices, qui, en outre, deviennent incandescentes.

La résistance de l'air s'atténue aussi lorsqu'on le raréfie, et elle atteint son minimum à la pression de 3 millimètres de mercure.

On se rend compte de cette moindre résistance en faisant éclater l'étincelle dans l'œuf électrique ou dans l'ampoule de Crookes.

A partir de 3^{mm}, la résistance s'accroît, et aux dernières

limites du vide de nos instruments, la résistance est 40 fois plus forte environ qu'à la pression normale.

Ce fait laisse supposer que l'étincelle ne passerait plus du tout dans le vide et que, par suite, des particules matérielles intermédiaires qu'il puisse orienter sont nécessaires au courant pour assurer son écoulement.

Cette hypothèse, d'ailleurs, a été vérifiée, car des expériences de Grove et de Gassiot, et de celles plus récentes de Crookes, il résulte que l'étincelle électrique ne passe pas dans le vide.

Courants et lignes de force.

Dans tous le cours de cet ouvrage, nous avons prétendu que les lignes de force n'étaient que des courants lents s'effectuant à travers les diélectriques.

Au risque de nous répéter, comme nous considérons que c'est là une question primordiale en électricité, nous reprendrons la comparaison et mettrons à nu les ressemblances.

Dans les aimants, nous avons vu le courant qui a pris naissance par suite de l'orientation des molécules de l'acier se prolonger dans l'air sous forme de lignes de force ; ces lignes, nous les avons attribuées aux molécules d'oxygène orientées ou polarisées.

Dans l'intérieur de l'aimant, la propulsion est rapide, la répulsion centrifuge faible, il y a courant.

Dans l'air, la propulsion est faible, la répulsion centrifuge forte, et c'est ce qui explique la constitution de la ligne de force mise en évidence par Faraday, élasticité de la file de molécules semblable à un ressort à boudin, répulsion centrifuge forte tendant à leur écartement réciproque.

Le caractère des lignes de force électriques est le même que celui des lignes de force magnétiques.

Cette répulsion réciproque des lignes de force, nous l'avons déjà faite ressortir en traitant des diélectriques, et la science l'a expérimentalement démontrée en prouvant que les diélectriques solides électrisés augmentent de volume dans le sens transversal des lignes de force.

Dans son passage à travers les liquides diélectriques, le courant prend la forme intermédiaire entre le courant et la ligne de force proprement dits.

Quant à savoir pourquoi le courant est rapide dans les corps bons conducteurs, lent dans les mauvais, nous en avons attribué la cause à la forme de la molécule; très propulsive dans les premiers et par suite facile à orienter, l'éther est fortement propulsé et nullement projeté au pourtour, d'où la tendance à l'écartement est nulle.

Dans les gaz et les liquides où l'orientation est difficile à maintenir, le courant est moins actif et la répulsion transversale plus forte.

Enfin, dans les solides diélectriques, la molécule doit être peu propulsive, mais comme elle a pu néanmoins se mettre en accord avec l'influence, la propulsion est faible et l'effet principal se traduit par des répulsions latérales.

A l'extrême limite, la molécule n'étant plus propulsive, il ne saurait y avoir orientation, par suite ni courant ni ligne de force, le diélectrique absolu doit être inerte.

Caractère tourbillonnaire des courants.

Nous avons maintes fois avancé que les lignes de force avaient le caractère tourbillonnaire ou giratoire, et que les courants étaient eux-mêmes formés de filets tourbillonnants, mais jusqu'ici aucune expérience n'avait mis ce fait en évidence.

Si les filets élémentaires d'un courant tournent dans le même sens, il doit se produire, au pourtour général, une zone d'éther tournant dans ce même sens ; c'est ce tourbillonnement qu'a démontré M. Basile de Balassny en cherchant à reproduire le phénomène des trombes ; l'expérience en a été décrite dans le *Bulletin de la Société astronomique de France*, d'octobre 1901.

Une batterie de quatre bouteilles de Leyde est chargée par une machine électrique de Wimshurst; l'armature négative aboutit à un disque de métal placé au-dessus d'un petit ré-

Nous pouvons cependant, par le raisonnement, nous faire une idée de la forme du champ magnétique.

Faraday, Maxwell, etc., admettent l'orientation moléculaire dans les courants ; d'autres auteurs admettent, et nous croyons avoir démontré, que les filets élémentaires qui composent un courant sont tourbillonnaires ; l'ensemble produira donc à la périphéric, c'est-à-dire à la surface du fil conducteur, un effet, le même en tous sens, qui, par suite, devra être concentrique au fil.

On peut se former des lignes de force électrocinétiques une conception différente, plus claire et plus intelligible à l'esprit celle-là, et qui, en outre, a le grand avantage de ranger les lignes de force de toute catégorie sous une loi commune.

En étudiant les spectres magnétiques, on a reconnu que toutes les lignes de force ne sortent pas par les extrémités. Certaines sortent en refoulement par la périphérie et rentrent en aspiration par la périphérie (fig. 1), la même chose ne se produirait-elle pas pour les courants ?

Dans l'électricité statique, la ligne de force où l'éther sort normalement aux surfaces des réservoirs ; dans les courants, au contraire, des filets d'éther s'avancent en tourbillonant et produisent à la périphérie un tourbillonnement qui propulse de l'éther suivant la tangente et tend à l'aspiration par derrière.

On connaît l'injecteur Giffard, destiné à alimenter les chaudières des locomotives au repos. Cet appareil est fondé sur le principe suivant qui sembla paradoxal à l'époque de son invention :

Un jet de vapeur lancé rapidement dans un tuyau aspire de l'eau par le côté du tuyau ; notre courant électrique ne peut-il agir de même et projeter au dehors certains filets qui rentreraient en aspiration ?

Les lignes de force, au lieu d'être concentriques au fil, comme on l'a admis jusqu'ici, effectueraient alors leur parcours extérieur en spires très serrées.

Cette constitution des lignes de force n'a rien qui choque la raison : à un courant hélicoïdal il est naturel que corresponde un champ hélicoïdal.

Suivant Faraday, les lignes de force sont élastiques, et on se rend très bien compte de la compression qu'elles exercent

les unes sur les autres lorsqu'on examine le spectre produit par deux courants parallèles et de sens inverse traversant normalement une feuille de papier saupoudrée de limaille de fer.

On voit les cercles se comprimer, s'aplatir comme des cerceaux d'acier très souples, et se rejeter dans le sens opposé, où ils se trouvent plus libres.



Fig. 29.

La valeur du champ électro-magnétique est purement fonction de l'intensité du courant indépendamment de sa tension, et cela est si vrai que le galvanomètre, qui mesure l'intensité des courants avec une si remarquable précision, n'est influencé que par le champ magnétique.

Bien plus, l'influence de la couche isolatrice qui entoure le fil pour empêcher la diffusion du courant dans les bobines paraît être nulle au regard de l'action créée dans l'air, puisque les indications du galvanomètre sont indépendantes de la nature de cette couche.

C'est de l'air seul que dépend le champ électro-magnétique; s'il était plus ou moins raréfié, les indications du galvanomètre seraient modifiées, et un nouvel étalonnage deviendrait nécessaire pour le nouveau milieu.

Les lignes de force magnétiques qui sont fermées agissent sur les lignes électro-magnétiques fermées aussi, produites par les courants.

Formation du champ électrocinétique.

L'influence de l'air, diélectrique ou mauvais conducteur, est la même dans l'électricité que dans la chaleur.

Nous savons que la chaleur se transmet à distance de deux façons : 1° par le rayonnement ou les ondes ; 2° par l'échauffement successif des couches d'air, ou le transport de ces dernières ; si l'air n'existait pas, la dernière source de chaleur, la plus importante sans contredit pour les faibles distances, disparaîtrait.

Et de cette action de l'air dans la propagation, ou plutôt dans la conservation de la chaleur, nous avons un exemple dans notre atmosphère terrestre : la terre, échauffée par le soleil, restitue la chaleur absorbée, dans l'espace, non pas brusquement mais progressivement et grâce à la mauvaise conductibilité de l'atmosphère ; d'autre part, cette atmosphère s'échauffe elle-même et restitue aussi la chaleur par degrés, tout comme un diélectrique ne restitue son électricité qu'insensiblement.

L'air fonctionne donc comme un vrai régulateur ; aussi voit-on, sur les montagnes élevées où l'air se trouve raréfié, la température passer par les alternatives les plus extrêmes ; l'atmosphère peut, en réalité, être considérée comme formant un champ calorifique autour de la terre.

Cette même résistance opposée par l'atmosphère autour des réservoirs d'électricité constitue de même un champ *électrique* à défaut duquel la transmission ne s'effectuerait que par ondes comme dans la télégraphie à distance, et la raison de ces deux champs calorifiques et électriques est la mauvaise conductibilité de l'air.

Les lignes de force sont disposées, avons-nous dit, circulairement autour des fils conducteurs. Leurs tourbillons tournent, mais dans quel sens? Ce sens a été établi empiriquement par la règle du *tire-bouchon* de Maxwell; en regardant

courant s'enfuir, le tourbillon se produit de gauche à droite, de là résultent tous les phénomènes de direction entre courants, et entre un courant et un aimant.

Examinons en particulier ce qui se produira pour une aiguille aimantée placés près d'un courant.

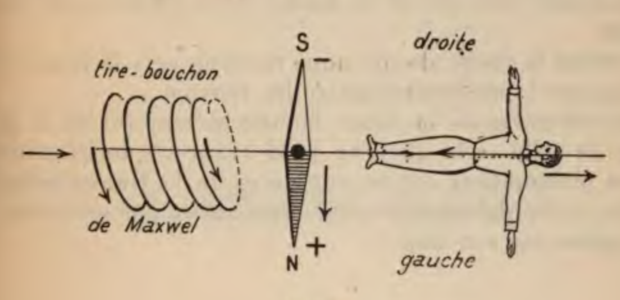


Fig. 30.

Dans cette aiguille le courant intérieur va du pôle sud au pôle nord ; or les deux flux, du champ et de l'aiguille, devant se confondre, le pôle nord viendra se placer à la gauche du bonhomme d'Ampère.

Réversibilité des phénomènes d'énergie moléculaire.

La réversibilité est un caractère des courants électriques et en est une conséquence nécessaire. Pour nous en rendre compte, imaginons un courant d'eau mis en mouvement par une roue à palettes ou une turbine ; ce courant actionnera dans le même sens des roues ou des turbines situées en amont ou en aval.

Par réciprocité, un quelconque des trois moteurs actionnerait semblablement tous les autres ; de même, dans un courant électrique ou d'éther, une dynamo en fera mouvoir une autre, et celle-ci à son tour pourra devenir motrice à l'égard de la première.

Cette faculté de réversibilité est aussi applicable aux ondes, d'après le mode même de leur production. Nous la distinguons dans les ondes sonores, lumineuses et calorifiques, qui transmettent au loin le même mouvement vibratoire dont elles sont animées, et les molécules influencées retransmettent à leur tour une ondulation identique.

Un diapason vibrant fait vibrer à distance un autre diapason en accord avec lui, et ce dernier fera vibrer à son tour le premier.

De même la molécule terrestre rayonne vers la lune des vibrations que la molécule lunaire lui renvoie.

Nous retrouverons la même faculté en traitant de la gravitation; de telle sorte que l'on peut avancer que la réversibilité des phénomènes est un caractère de la transmission des énergies moléculaires, soit que l'éther agisse par ses ondes, soit qu'il agisse par son flux.

QUATRIÈME PARTIE

ÉLECTROMAGNÉTISME

QUATRIÈME PARTIE

ÉLECTROMAGNÉTISME

CHAPITRE XIII

DIFFÉRENCE ENTRE LES COURANTS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES

On peut se rendre compte, en étudiant et comparant les phénomènes électriques et magnétiques, de l'analogie qu'ils présentent.

Les aimants temporaires ou permanents sont le siège de vrais courants, mais les molécules du fer y sont tout simplement orientées sans accroissement des vitesses de rotation naturelles, et le flux seul produit par un autre aimant suffit à provoquer cette orientation.

Il n'y a eu dans l'aimantation aucune création, par suite aucune dépense d'énergie, et en effet le courant produit par un aimant est dû à une simple déséquilibration des molécules ; celles-ci, alignées, produisent des filets d'éther qui progressent en tourbillonnant, ce qui leur crée une existence distincte dans le milieu ambiant.

Un aimant et son flux ou champ magnétique constituent un système fermé que l'on peut transporter tout d'une pièce

Il y a cependant une différence entre aimants et solénoïdes; dans les premiers il y a un pôle où l'éther est en tension franchement positive, c'est-à-dire au-dessus de la tension de la terre, tandis qu'à l'autre pôle la tension est vraiment négative.

Dans le solénoïde, au contraire, il y a simplement différence de potentiel, car aux deux pôles l'éther est à une tension positive.

Cette différence de potentiel, liée à la direction du courant, suffit pour créer, à un pôle du solénoïde, des lignes de force aspirantes, à l'autre des lignes refoulantes, et dès lors leur action sur les pôles d'un aimant sont celles d'un aimant lui-même avec ses lignes aspirantes et refoulantes aussi.

De ce qui précède nous pouvons induire que solénoïdes et aimants se comporteront de semblable façon et qu'ils aimanteront semblablement un barreau de fer ; en effet, si dans un solénoïde, ou mieux dans une bobine parcourue par un courant, on introduit une tige de fer, cette dernière sera aimantée par influence, et d'autant plus énergiquement que les potentiels des deux pôles de la bobine seront plus différents, ce que l'on obtient en faisant des bobines à fil très fin et à très grand nombre de spires.

Et on comprend bien pourquoi un courant avec de l'éther purement en tension pourra produire dans le barreau de fer de l'éther franchement comprimé et raréfié.

Soit un barreau d'acier; le flux d'éther produit au dehors par le solénoïde va le traverser et orienter ses molécules dans son sens; tant que le solénoïde fonctionnera, il y aura courant dans le barreau, avec éther partout en tension quoique inégalement comprimé à l'intérieur ; mais que le courant s'arrête dans le solénoïde, et l'acier restera avec ses seules molécules orientées, fonctionnant comme un aimant ordinaire, c'est-à-dire accumulant l'éther à un pôle, le raréfiant à l'autre, mais l'ensemble restant à la tension ambiante.

Mais si les solénoïdes parcourus par des courants agissent sur des aimants comme de vrais aimants, la réciproque n'est pas vraie : un aimant placé à demeure à côté d'un solénoïde n'y fait pas naître de courant, et la raison en est que le courant dont l'aimant permanent est le siège est trop faible eu égard à la stabilité des molécules de cuivre.

L'identité d'action des solénoïdes et des aimants, quoique sans réciprocité, a fait établir entre eux une identité de con-

stitution, et l'on a imaginé des courants hélicoïdaux, des feuillets magnétiques, etc. La vérité est que la direction générale du courant et la différence des potentiels sont seules en jeu, et cela est manifeste dans les bobines de Gramme et de Siemens, où l'enroulement des fils a lieu dans le sens de la longueur du barreau de fer ; le résultat obtenu est le même qu'avec des spires, ce qui se conçoit sans peine, car si dans une longueur de fil la différence de potentiel obtenue est peu considérable, elle se trouve par contre multipliée par un grand nombre d'enroulements.

CHAPITRE XIV

INDUCTION

En procédant à l'étude du magnétisme, nous avons reconnu qu'un barreau de fer doux, placé parallèlement et près d'un aimant droit, s'aimantait en sens inverse, et, en éloignant et approchant successivement et rapidement l'aimant excitateur, l'aimantation se produisait et disparaissait alternativement dans le barreau de fer doux, donnant naissance à de véritables courants induits.

On sait quel rôle les courants induits jouent dans l'industrie. Nous en étudierons donc soigneusement la théorie en en recherchant autant que possible les causes, et tout de suite nous prendrons le cas de l'induction par les aimants ou les électro-aimants où elle est plus facile à saisir et à comprendre.

Deux faits nous frappent tout d'abord par leur apparente étrangeté. Comment un aimant peut-il influencer un circuit? Et pourquoi le courant induit qui prend naissance est-il inverse?

Commençons par ce dernier point dont nous avons déjà exposé le mécanisme ci-dessus.

Soit une bobine C D faisant partie d'un circuit. Approchons un aimant S N ; les lignes de force de ce dernier, traversant la bobine, l'influenceront dans leur direction, c'est-à-dire en sens inverse de l'aimant, et l'induction sera d'autant plus énergique qu'un plus grand nombre de lignes de force passeront dans la bobine; pour atteindre ce résultat, on a recours au subterfuge suivant.

Si l'on place dans la bobine un barreau de fer doux, ce dernier offrant au passage de l'éther une résistance qui peut être 20.000 fois moindre que celle de l'air, les lignes de force s'é-

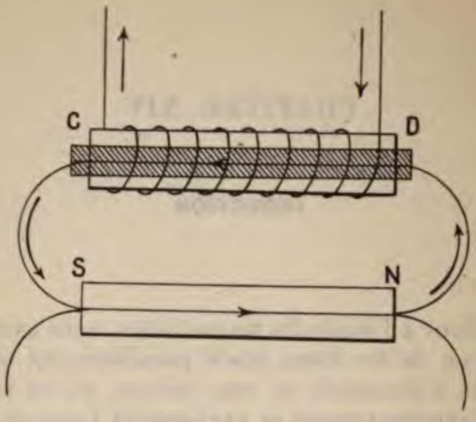


Fig. 31.

couleront par ce passage de moindre résistance, d'où une première cause d'influence; mais, de plus, le fer s'aimantant pour son propre compte viendra accroître l'afflux de l'éther, ou, suivant l'expression consacrée depuis Faraday, viendra accroître le nombre et la puissance des lignes de force.

Nous avons vu que si un solénoïde ou une bobine parcourue par un courant influence un barreau d'acier, la réciproque n'est pas vraie : les lignes de force d'un aimant traversant une bobine, même avec l'adjonction d'un noyau de fer doux, ne suffisent pas à faire naître un courant dans cette dernière, il y faut autre chose, mais quoi ? Une force vive.

La poussée continue d'un marteau contre une masse sera impuissante à la mettre en mouvement, et c'est là l'image de lignes de force pressant contre les molécules de cuivre ; mais si le marteau est animé d'une impulsion considérable et soudaine, la masse frappée sera ébranlée peu d'abord, puis de plus en plus, jusqu'à un certain point qui constituera le maximum d'amplitude.

Une autre comparaison nous fera encore mieux saisir cette action différente des lignes de force sur les molécules des divers métaux.

Les molécules, étant soumises à des attractions réciproques,

sont tendues comme de vrais ressorts, et la tension de ces ressorts diffère suivant la nature du métal. Prenons trois lames que nous pincerons dans des étaux : la première en plomb, la seconde en fer, la troisième, beaucoup plus courte, en acier; nous choisissons ces métaux simplement pour établir une comparaison, mais sans aucun égard pour leur impressionnabilité inductrice.

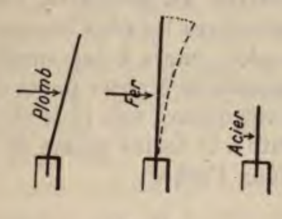


Fig. 32.

Soumettons ces lames à une faible poussée, trois cas vont se présenter au point de vue de la stabilité moléculaire :

Le plomb sera tordu et conservera son nouvel équilibre, c'est le cas des molécules d'acier frappées par les lignes de force d'un aimant et qui conservent leur nouvelle orientation même après la disparition de la poussée;

La lame de fer sera déviée, mais reprendra sa position première dès que la poussée cessera, c'est le cas de la molécule de fer doux frappée par une ligne de force, et dont l'orientation persiste tant que dure l'influence ;

Enfin la lame d'acier, formant un ressort bien plus rigide, ne sera déviée que sous une impulsion énergique, et, si ce sont de simples lignes de force qui viennent la heurter, il faudra douer celles-ci d'une force vive instantanée produisant un vrai choc; le ressort alors sera dévié aussitôt le choc reçu, mais il tendra à revenir immédiatement sur lui-même, c'est le cas des molécules de cuivre.

Une autre conséquence dérive de cette plus ou moins grande tension des ressorts moléculaires : c'est la fréquence.

De même que la lame de plomb, la molécule d'acier ne peut

osciller, et, par suite, un fil d'acier serait tout à fait impropre à conduire des courants alternatifs.

La lame de fer, formant un ressort relativement mou, ne revient que mollment sur elle-même ; elle ne peut osciller qu'un certain nombre de fois par seconde, et nous avons vu en effet, au chapitre XI, qu'un barreau de fer doux placé dans un solénoïde parcouru par un courant à haute fréquence ne s'aimantait plus ; ses molécules, ne parvenant pas à suivre les mouvements d'oscillation nécessaires, restent au repos.

La molécule de cuivre, au contraire, bien suspendue, sorte de ressort court, peut suivre les plus hautes fréquences, et c'est la raison de son emploi ; mais à cet emploi il y a une autre cause, — celle-ci secondaire à notre point de vue, — c'est qu'à poids égal le cuivre est quatre fois plus conducteur que le fer, ce qui tient sans doute à la forme même de la molécule de cuivre qui propulse mieux l'éther.

Induits principaux et secondaires.

Pour en revenir à l'induction, il faudra donc à nos lignes de force, à notre marteau, donner une impulsion rapide et brusque, et cela s'obtient en approchant l'aimant avec une très grande rapidité ; les molécules du fil, vivement frappées par un tourbillon d'éther animé d'une grande vitesse d'impulsion et de rotation, s'orientent alors et s'adaptent aux nouvelles orientations et aux nouvelles rotations.

Ces molécules cependant, par suite de leur inertie, tendent à revenir aussitôt sur elles-mêmes à la façon d'un pendule ; pour ne pas contrarier ce mouvement de retour, il importe d'éloigner l'aimant avec un très grande rapidité : la première orientation produit *le courant induit principal*, la seconde le courant *induit secondaire*.

L'approche et l'éloignement de l'aimant doivent, bien entendu, être rythmés, de façon à entretenir le mouvement pendulaire des molécules sans le contrarier.

Tout développement complémentaire ne saurait qu'affaiblir la simplicité de cette explication. Un point cependant doit retenir notre attention parce que la singularité qu'il re-

lève fait ressortir l'excellence de la cause que nous avons *attribuée* aux énergies attractives.

Sous l'influence soudaine de l'aimant, un courant énergique d'éther se produit, tandis qu'il revient sur lui-même sous la seule inertie des molécules; l'effet produit doit dès lors être le même que celui d'un pendule qui serait frappé d'un coup brusque à chaque oscillation, au haut de sa course, et qui reviendrait de lui-même à son point de départ.

C'est en effet ce qui a lieu, et on reconnaît que la tension de l'induit principal est plus élevée que celle de l'induit secondaire; la commotion que l'on ressent sous l'effet du premier est presque nulle dans le second, et seul l'induit principal fournit une étincelle; quant aux quantités qui sont représentées uniquement par la course du pendule, elles sont les mêmes dans les deux cas.

L'explication que nous venons de fournir des courants induits ne fait pas ressortir que les courants principaux soient nécessairement inverses du courant inducteur; leur direction est simplement celle des lignes de force, et si, au lieu d'être parallèle à l'aimant, la bobine était placée dans son prolongement, le courant induit principal serait de même sens que le courant inducteur.

Les modes d'excitation dans l'induction varient à l'infini, et l'ingéniosité des constructeurs a produit des merveilles en ce sens : ç'a été pour eux un jeu de redresser, par exemple, les courants secondaires lorsqu'il s'est agi d'obtenir des courants continus.

En pratique, on fait passer le circuit alternativement devant chaque pôle de l'aimant, ce qui supprime le courant induit secondaire; les deux courants de sens inverse deviennent alors induits principaux, et ici nous pouvons prendre sur le fait, par une expérience capitale déjà exposée, les mouvements d'inversion successifs que nous attribuons à la molécule dans les fils conducteurs à courants alternatifs lors de son passage devant chaque pôle.

Sur une feuille de papier horizontale saupoudrons de la limaille d'acier et plaçons au-dessous et normalement le pôle nord d'un aimant par exemple, les limailles vont se dresser ; changeons brusquement le pôle, les limailles se dresseront encore, mais en se retournant bout à bout. Nous saisissons ici d'un seul coup et l'orientation des limailles sous l'in-

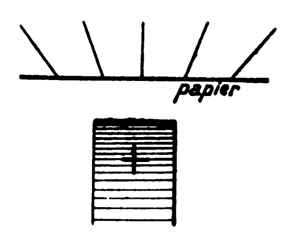


Fig. 33.

fluence du flux de chaque pôle, et le changement de sens de l'orientation.

Complétons l'expérience en plaçant une bobine entre les deux pôles d'un électro-aimant comme cela a lieu dans les dynamos alternatrices.

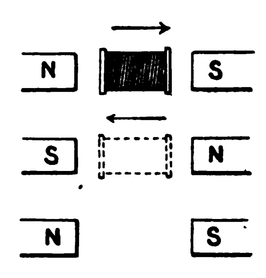


Fig. 34.

On voit d'ici les molécules du fil de la bobine changer leur orientation à chaque passage entre les pôles alternes. Il paraît difficile de mieux faire toucher du doigt les orientations. Que manque-t-il pour compléter les courants? Tout simplement à la molécule la faculté de propulser l'éther.

La résistance est due aux orientations moléculaires.

La molécule de cuivre, nous l'avons dit, n'obéit à l'orientation que lorsqu'on lui ajoute une force vive soudaine ; de là la création des machines dynamo-électriques.

Mais appesantissons-nous sur le rôle des lignes de force dans l'induction. Dans un aimant ou un électro-aimant, les lignes de force qui se sont frayé un passage à travers l'air ambiant se rendent d'un pôle à l'autre sans grande déperdition d'énergie ; mais dans une machine dynamo-électrique, où les lignes de force sont coupées, il faut exercer une énergie appréciable pour les rompre.

Est-ce à dire que les lignes de force peuvent être assimilées à des filets matériels ? Nous comptons faire ressortir que toutes les résistances dans l'induction proviennent de l'orientation et, par suite, de mouvements moléculaires dans les conducteurs de l'induit. Ces résistances sont matérielles.

Dans l'expérience que nous venons de relater plus haut, nous avons vu de nos propres yeux les molécules d'un corps induit ou soumis à un champ magnétique, ce qui est tout un, changer leur orientation chaque fois qu'elles passent devant les pôles alternés d'un aimant, et cette expérience nous en fait comprendre une foule d'autres, par exemple celle de Faraday.

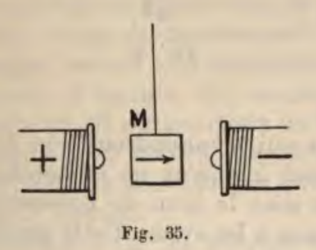


Fig. 35.

Lorsqu'entre les pôles d'un électro-aimant on place un cube de métal M suspendu à un fil, si on tord le fil le cube se mettra à tourner entre les pôles au repos ; mais, si le courant est établi, le cube s'arrête presque instantanément.

Si le cube est remplacé par une plaque ou un anneau, la plaque ou l'anneau vient se placer dans la direction même des lignes de force.

En vérité, l'explication tombe sous le sens ; les molécules du cube tendent à s'orienter et à se fixer dans le sens du courant des lignes de force N S, et du coup nous surprenons aussi la cause des *phénomènes de Kerr* et de la rotation magnétique du *plan de polarisation de la lumière* que nous avons déjà exposés et attribués également à des orientations moléculaires, alors que nous étions moins avancés dans l'étude des phénomènes d'électricité.

Une autre expérience due à Foucault s'explique de même.

Entre les deux pôles d'un électro-aimant on fait tourner rapidement un disque en métal excentré par rapport à la ligne des pôles. Si le courant ne passe pas, l'effort à faire pour tourner le disque est insignifiant; si le courant passe, les molécules de A s'orientent dans le sens N S, et le disque s'arrête presque subitement ; que si cependant on continue à le faire mouvoir, une énergie sensible est nécessaire et une chaleur considérable se développe.

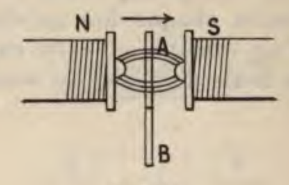


Fig. 36.

Ces mouvements qui n'engendrent que de la chaleur, nuisibles par conséquent lorsqu'on ne recherche que de l'électricité, sont désignés sous le nom de *courants de Foucault*, et l'on cherche avec soin à les éviter. Cette production de chaleur s'explique comme suit :

En A les molécules sont orientées dans le sens N S ; en B, elles ont repris leur position normale, et cette série de mouvements moléculaires qui se traduisent par des vibrations calorifiques est la vraie cause de la résistance et aussi de la

chaleur, et on peut prévoir que si le disque était centré par rapport à la ligne des pôles, l'orientation restant la même dans toutes les positions, l'énergie à déployer pour maintenir la rotation serait presque nulle.

Mais exposons une nouvelle expérience. Entre les deux pôles d'un électro-aimant plaçons un disque ou un manchon de fer tournant cette fois non perpendiculairement, mais dans le sens de la ligne des pôles, l'axe se trouvant sur cette ligne même, nous aurons alors la disposition de l'anneau de Gramme.



Fig. 37.

Le spectre magnétique nous apprend qu'entre les deux pôles d'un aimant les lignes divergent au point de départ du pôle nord et convergent à la rentrée dans le pôle sud, et cette forme de flux est modifiée par la forme et la nature des corps interposés ; dans l'anneau de Gramme, elle est celle ci-dessus.

Que le disque de fer soit immuable ou qu'il soit en état de rotation, les lignes de force se rendant d'un pôle à l'autre de l'aimant seront invariables et dépendront de la forme seule de l'anneau ; mais, dans le cas du mouvement, les molécules du fer subiront à chaque instant une orientation nouvelle, d'où résultera une dépense d'énergie. Si, comme dans la bobine Gramme, on enroule un fil au pourtour de l'anneau, les molécules de ce fil changeront aussi à chaque instant d'orientation, d'où deux courants de sens inverse que l'on recueille au moyen d'un dispositif spécial.

Mais que se passerait-il si les disques tournants de Foucault ou de Gramme étaient mauvais conducteurs ? Les molécules, se déplaçant lentement, n'auraient pas le temps de changer leur orientation en suivant le mouvement du disque ; elles conserveraient leur position, et, par suite, aucune énergie ne serait dépensée.

Cependant, cette indifférence des diélectriques vis-à-vis d[e]s champs continuellement changeants n'est pas absolue, ca[r] certains physiciens ont observé que, lorsqu'on les place dan[s] des champs alternatifs, ils s'échauffent aussi, quoique dans d[e] bien moindres proportions.

Nous voyons ici clairement que toute l'énergie motrice s[e] dépense en mouvements moléculaires créés dans les induit[s] et en la propulsion d'éther qui en résulte : c'est de l'énergi[e] mécanique qui s'est transformée en énergie mécanique, et d[e] cette tranformation le rendement est même excellent, puis-qu'il peut atteindre 90 p. 100 dans les machines dynamo-électriques.

Ce sont les seules orientations et rotations des molécules d[e] l'induit qui absorbent de l'énergie, et ce sont elles seules qu[i] créent de l'énergie; tous autres mouvements ne sauraient êtr[e] que parasitaires, ceux de Foucault notamment, qui produisent de la chaleur.

Aussi s'attache-t-on, dans la construction des appareils, des noyaux métalliques notamment, à écarter toute cause de réactions intermoléculaires, telles que les vibrations, en canalisant les orientations, par exemple, et c'est pourquoi on construit l'anneau de Gramme en couches concentriques isolées entre elles.

Dans les induits, la loi de *Lenz* est tout naturellement expliquée par les mouvements des molécules, *et les courants sont bien toujours résistants par rapport à l'énergie motrice.*

Pour provoquer des courants induits à voltage élevé, un aimant permanent ne suffirait pas. Nous avons vu, en effet, que dans un aimant de ce genre les molécules d'acier sont simplement orientées sans que leur vitesse de rotation naturelle soit accrue. On se sert donc, pour l'excitation, d'électro-aimants puissants dans lesquels une rotation et une propulsion rapides ont été provoquées.

On comprend que, vu l'instantanéité d'action de l'aimant inducteur, l'excitation produite sur les fils soit superficielle; il est, par suite, tout indiqué qu'on emploie pour les bobines des fils très fins et très longs, en un mot offrant pour un faible poids une surface considérable. Pour rendre même l'excitation plus efficace, il serait nécessaire que la surface du fil fût laissée à nu ; malheureusement, dans le but d'empêcher la diffusion du courant et les court-circuits d'une spire

à l'autre, il est indispensable de recouvrir les fils d'une matière isolante, telle que la soie, ce qui n'est pas sans nuire à la sensibilité de l'excitation.

Toutefois, l'inconvénient n'est pas capital, puisque l'effort développé n'est proportionnel qu'à celui produit.

Nécessité d'une force vive dans l'induction.

Il a été reconnu qu'une force vive initiale considérable est nécessaire pour provoquer un courant dans la bobine ; mais si, une fois l'aimant approché, on le laissait dans cette position, les molécules de cuivre reprendraient immédiatement leur position d'équilibre et ne la quitteraient que sous une nouvelle variation soudaine du champ magnétique par éloignement, approche ou variation d'intensité de l'électro-aimant excitateur.

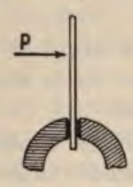


Fig. 38.

Examinons cette question de la variation d'intensité d'un courant inducteur, et soit un circuit parallèle, qui subira son influence.

Reprenons à nouveau, et à titre de simple comparaison, notre lame courte représentative de la molécule de cuivre.

Dès l'approche rapide du circuit inducteur, la molécule du circuit induit est fortement déviée, et il naît un courant induit principal.

Le choc cessant, la molécule revient en place et, si l'inducteur reste rapproché de cette molécule, elle continuera à rester au repos, quoique soumise à une pression P continue insuffisante pour faire fléchir la lame, c'est-à-dire orienter la molécule.

Dans cette situation, un nouveau rapprochement de l'inducteur communiquant à la pression une nouvelle force vive, un courant induit principal se manifestera de sens inverse par conséquent; si, au contraire, il s'agit d'éloignement, l'appui P venant à manquer soudainement, la molécule revient en arrière, d'où courant induit secondaire, de même sens que le courant inducteur.

Ce même courant direct, se reproduira naturellement avec plus d'énergie si l'inducteur vient à cesser brusquement.

Il existe d'autres courants improprement appelés induits à notre sens, à savoir les courants de fermeture et de rupture.

Puisqu'un courant fait naître des courants induits dans un circuit voisin parallèle, pourquoi, disent plusieurs auteurs, n'en ferait-il pas naître sur lui-même?

On a donc supposé que, tout courant s'interrompant dans un circuit, il devait naître dans ce circuit un courant induit inverse, c'est-à-dire de même sens que le courant inducteur, et c'est ainsi que l'on explique le courant et l'étincelle de rupture.

Nous avons attribué ce courant de rupture à une autre cause, l'amortissement brusque de la force vive du courant et de l'orientation des molécules.

Quant au courant induit du début, voici comment l'expliquent les partisans de la même théorie.

De même que lorsqu'un courant naît dans un circuit il provoque, dans un circuit parallèle, un courant induit de sens inverse, de même il produit ce même induit de sens inverse sur lui-même, c'est là l'origine du mot *self-induction*, qui signifie induction sur soi-même.

C'est ainsi que se trouverait expliqué le ralentissement qu'éprouve un courant au début; un courant induit cheminerait à ses côtés. Ce cheminement de deux courants en sens inverse paraît tout au moins paradoxal.

Nous avons, quant à nous, expliqué le ralentissement du courant du début par la dépense d'énergie nécessaire à l'orientation des molécules du fil conducteur.

En résumé, l'énergie qui prend naissance dans l'induction provient non de l'aimant mais de l'énergie avec laquelle on le transporte, et on peut dire qu'ici c'est de l'énergie pure-

ment mécanique qui est transformée en électricité ; l'aimant, en effet, ne perd nullement de sa puissance ; il remplit le simple office du marteau déjà cité, mais marteau approprié à la molécule et qui ne produit d'effet appréciable que par la vitesse avec lequel il est manœuvré. Cependant, il y a intérêt à prendre un marteau de masse suffisante, et c'est pourquoi les électro-aimants sont préférés aux aimants permanents.

L'énergie suit-elle le courant ou le milieu environnant ?

Nous ne saurions terminer ces chapitres sur les courants et l'induction sans signaler l'opinion de quelques savants qui, rompant courageusement avec les idées reçues et toutes les apparences, estiment que, si le flux d'électricité suit bien le fil, l'énergie électrique se propage par le milieu diélectrique, autrement dit les lignes de force qui entourent le courant.

Telle est l'opinion de Maxwell, celle de Lodge et de bien d'autres, et, sous le couvert de ces hautes autorités, cette idée a pris pied dans la science.

Ainsi donc, une machine dynamo transmettrait le mouvement à une autre dynamo au moyen d'un fil, et l'énergie ne serait pas transmise par ce fil, mais par le champ électromagnétique qui l'environne.

La raison de cette opinion est que les manifestations du champ électrique sont nombreuses et certaines, et que c'est lui qui produit l'induction, tandis qu'on ne peut observer dans un courant quoi que ce soit qui ressemble à une quantité de mouvement, à de la force vive produisant une manifestation mécanique quelconque.

Pour ce qui est de la première objection, en examinant les effets des lignes de force dans l'induction nous avons fait ressortir qu'elles n'agissent que par la force vive qu'on leur imprime ; livrées à elles-mêmes sans l'adjonction d'aucune énergie étrangère, elles sont incapables de produire aucun effet, en un mot elles servent de simple intermédiaire à un travail mécanique pour aller atteindre les molécules.

Il est bien vrai, par contre, que le courant électrique ne pro-

duit que peu d'effets directement visibles, et qu'en cela il apparaît fort différent des courants d'eau ou de gaz.

Le motif en est que l'éther ne peut actionner que la molécule. L'éther infiniment peu matériel est le fluide de l'élément infiniment petit de la matière ; c'est pourquoi les manifestations énergétiques des courants sont des manifestations exclusivement moléculaires, vibrations se traduisant en chaleur et lumière, orientations et rotations produisant des courants qui vont reproduire au loin des orientations et des rotations de même nature.

Une dynamo oriente et fait tourner les molécules au départ, et ces dernières, à l'arrivée, actionnent semblablement les molécules d'une autre dynamo, et font par suite tourner la dynamo entière.

Une simple remarque, d'ailleurs, semble mettre à néant l'opinion de la transmissibilité de l'énergie par le diélectrique : l'importance du champ est simplement proportionnelle à l'intensité, puisque c'est par le champ lui-même qu'on la mesure au moyen du galvanomètre ; or, l'énergie transmise est à la fois fonction de l'intensité et de la tension.

CHAPITRE XV

APPLICATIONS DE LA SELF-INDUCTION

Le terme de *self-induction*, qui signifie induction sur soi-même, provient du fait suivant :

On sait qu'un circuit parcouru par un courant provoque, dès la fermeture du courant, un courant de sens contraire dans un autre circuit disposé parallèlement ; on a supposé que, par analogie, tout courant commençant produisait aussi sur lui-même un courant de sens inverse, c'est-à-dire résistant.

On sait à quoi nous avons attribué la self-induction : c'est à la résistance occasionnée par l'orientation des molécules d'un fil et à leur retour à l'état d'équilibre.

Les molécules, subitement orientées et désorientées par l'approche et l'éloignement rapides d'un aimant, produisent des effets de tension remarquables avec une faible intensité inductrice parce qu'une force vive considérable est dépensée en un temps très court.

On s'est servi de cette propriété pour transformer des courants en quantité en courants en tension ; mais on voit d'ici que, les courants devant être de très courte durée, il faut, pour les produire, avoir recours à des courants inducteurs alternatifs.

Pour bien faire saisir les effets et le mode d'excitation des courants d'induction, on fait généralement appel à l'exemple du bélir hydraulique, et cet exemple est en effet bien choisi, car ses effets sont non seulement semblables mais presque identiques à ceux de self-induction produits par les courants sur eux-mêmes ou sur des circuits parallèles.

Dans le bélier hydraulique, on utilise une faible chute d'eau, produisant une certaine vitesse de courant dans un tuyau ; on arrête brusquement le courant, et la force vive dont il est animé se dépense instantanément dans un tuyau vertical en élevant une certaine quantité du liquide.

Une grande quantité d'eau pourvue d'une faible chute a produit une faible quantité avec forte chute, c'est une vraie self-induction, et c'est l'image exacte de l'induction électrodynamique elle-même ; comme ceux de l'induction, les effets du bélier sont instantanés et ne peuvent se produire que par saccades.

Nous avons, en parlant de la production des courants induits principal et secondaire, assimilé la molécule de métal à un pendule, lequel recevrait à chaque oscillation un choc brusque au haut de sa course ; c'est ce choc qui produit la tension. Les courants induits sont en réalité formés d'une succession d'à-coups dont la fréquence seule produit l'illusion de la continuité.

De même que dans le bélier hydraulique, les chocs reçus, la force vive amortie produisent une faible quantité de courant avec une forte tension.

Bobine de Ruhmkorff.

Une bobine de gros fil enroulée sur un cylindre de bois constitue l'inducteur. Cette première bobine est introduite dans une seconde à fil fin et d'une grande longueur, atteignant parfois 100 kilomètres, présentant par conséquent une énorme surface à l'influence ; cette seconde bobine extérieure constitue l'induit.

On met en communication l'inducteur avec un élément de pile. Que va-t-il se passer ? Un champ magnétique prend naissance autour de la bobine inductrice, champ qui, l'on s'en souvient, est proportionnel à l'intensité du courant.

Le courant est fréquemment interrompu au moyen d'un dispositif spécial ; il se développe ainsi, à la surface du fil induit, des courants d'induction instantanés, les molécules sont vivement heurtées et orientées, et un courant à forte tension prend naissance; mais, à chaque interruption du courant, les molécules reviennent vivement sur elles-mêmes par leur seule élasticité, ce qui produit un courant de sens inverse, et cet effet d'orientation alternativement dans les deux sens se reproduit un nombre répété de fois par seconde.

L'effet se trouve accentué si l'on augmente le nombre des molécules à orienter en introduisant dans la bobine inductrice un faisceau de fils de fer, et c'est ce que l'on fait habituellement.

On se rend compte de l'importance de la tension des deux courants induits principaux et secondaires produits par la bobine de Ruhmkorff, excitée même par un seul élément Bunsen, lorsqu'on tient par les deux mains rendues humides les deux bouts du fil de la bobine induite : on ne peut plus lâcher les poignées, parce que, sans doute, les muscles, orientés en sens divers par les courants alternatifs, refusent d'obéir à la volonté.

L'action des courants d'électricité annihilent celle de l'influx nerveux, qui n'est peut-être lui-même qu'un vrai courant d'éther mis en mouvement par le même mécanisme, soit l'orientation des molécules ou de cellules spéciales.

Une des rares applications de la bobine de Ruhmkorff est le transformateur.

Transformateur.

On a souvent intérêt à pouvoir transformer des courants de haute tension en courants en quantité et inversement.

Dans les transports d'électricité à grande distance par exemple, pour pouvoir utiliser des fils minces et éviter une grosse dépense d'installation, on transforme au départ l'électricité en tension, on la transporte telle, et on la retransforme en quantité à l'arrivée si besoin est ; le dispositif de l'arrivée est d'ailleurs le même que celui du départ.

Le transformateur est une sorte de bobine de Ruhmkorff à deux enroulements, l'un de fil fin et à très grand nombre de spires qui en recouvre un second à fil gros et à très petit nombre de spires.

Supposons qu'on veuille transformer au départ un courant en quantité en courant en tension : on met le courant primaire, qui doit de toute nécessité être alternatif, en communication avec la bobine à gros fil ; un courant induit se développe alors dans la bobine à fil mince et y acquiert une forte tension, puisque celle-ci est proportionnelle au nombre de spires.

Sous cette forme condensée, l'électricité chemine dans un fil de section réduite, et si, à l'arrivée, on veut abaisser son voltage, ce qui est le cas habituel, on met à nouveau le fil d'arrivée en communication avec une bobine à fil fin ; le courant induit développé dans la bobine à fil gros est abaissé dans une proportion qui dépend du nombre de spires, lequel a été calculé à l'avance.

On comprend aisément l'utilité du transformateur, et, pour la mettre en évidence, il suffit de reprendre la comparaison avec les gaz.

Si nous avons un fort volume de gaz à transporter, il nous faudra un gros tuyau, mais si nous rendons ce volume dix fois moindre en augmentant dix fois la pression, nous pourrons utiliser un tuyau de section dix fois plus petite en conservant la même vitese d'écoulement, c'est-à-dire sans accroître les causes d'échauffement, de frottement, etc.

CINQUIÈME PARTIE

IIFESTATIONS DIVERSES DES ÉNERGIES ATTRACTIVES

CINQUIÈME PARTIE

ANIFESTATIONS DIVERSES DES ÉNERGIES ATTRACTIVES

CHAPITRE XVI

L'ÉLECTRICITÉ PEUT-ELLE ÊTRE ASSIMILÉE A UN GAZ?

Les phénomènes de l'électricité peuvent être comparés soit ceux de l'écoulement des fluides, soit à ceux de la chaleur. Comme dans un fluide, l'électricité va du potentiel le plus evé au plus faible, de même aussi la chaleur se répand du rps le plus chaud au corps le plus froid, mais là s'arrête la ssemblance entre chaleur et électricité.

En effet, si un vase conducteur clos est électrisé et qu'on spende à l'intérieur, au moyen d'un fil de soie, une balle mélique, cette balle ne sera pas électrisée quelle que soit l'innsité de la charge du vase; si au contraire, le vase est chaud, balle prendra sa température.

D'autre part, la chaleur peut être créée de toutes pièces dans corps au moyen du frottement par exemple, sans qu'il soit cessaire de l'emprunter à un corps voisin; par contre, on ne ut faire apparaître de l'électricité sur un corps qu'en l'emuntant à un autre, et l'électricité se comporte ainsi comme fluide matériel.

Dans les plateaux de Symmer que l'on frotte l'un contre utre, du fluide a été enlevé au premier plateau et se retrouve ut entier dans le second; dans la machine électrique de

Nairne, on soutire ce fluide à un conducteur et on le déverse sans la moindre déperdition dans l'autre.

Il s'agit donc bien de quelque chose qui se dose, dont les quantités se mesurent; mais ce fluide, qui pour nous est l'éther, se comporte-t-il comme un liquide ou comme un gaz? Tous les phénomènes électrostatiques paraissent conduire à cette dernière assimilation.

En effet, dès qu'une quantité quelconque d'éther est enfermée dans un corps bon conducteur, ou même fait partie intégrante d'un tourbillon, il s'y comporte non comme un liquide en se cantonnant en un point quelconque, mais comme un gaz en se répandant dans tout l'espace qui lui est offert, et, tout comme un gaz aussi, il s'y accumule et s'y dilate ou s'y comprime.

On voit, pour ainsi dire, l'éther se presser dans un conducteur comme dans un vase fermé, briser son enveloppe si elle est imperméable, comme le verre, et la traverser violemment si elle est perméable, comme le cuivre ; enfin, de même que pour un gaz, la tension extérieure ou mieux ici la mauvaise conductibilité du diélectrique environnant est un obstacle à sa diffusion.

Comme un simple gaz on peut enfermer de l'éther, c'est-à-dire de l'électricité, et la conserver indéfiniment dans un vase hermétiquement clos et imperméable, quelle qu'en soit la source statique ou dynamique, puisqu'on peut, par ces deux voies, charger une bouteille de Leyde.

Nous avons vu en effet que lord Kelvin a pu conserver ainsi de l'électricité pendant des années dans une ampoule de verre froid ; à 100°, au contraire, l'enveloppe de verre lui devient très perméable, telle la fonte, qui, imperméable aussi à l'oxyde de carbone lorsqu'elle est froide, se laisse traverser lorsqu'elle est chauffée ou rouge.

Enfin la preuve la meilleure que l'éther se comporte comme un gaz parfait, c'est qu'il obéit absolument à la loi de Mariotte, ses quantités varient en raison inverse des pressions ; le transformateur que nous venons d'étudier nous le montre nettement, et, de plus, suivant la manière dont nous accouplons les piles et les accumulateurs, nous obtenons une quantité dix fois plus forte ou une tension dix fois plus considérable.

Dès le début de notre étude nous avons considéré l'éther à

la façon d'un gaz, et la suite des faits ne nous a pas un seul instant démenti.

On considère volontiers l'éther comme un fluide impondérable, mais c'est une pure hypothèse ; il est difficile en effet de peser un récipient rempli d'éther comprimé à haute tension à cause des attractions qui se produisent nécessairement sur les corps voisins.

Quelques auteurs, par contre, n'hésitent pas à considérer l'éther comme un fluide pondérable à la manière des gaz, et à ce fluide gazeiforme, lord Kelvin a même assigné une densité de 10^{-8} soit cent millions de fois moindre que celle de l'air ; cette densité n'est-elle qu'une simple résistance? Nous n'avons pas à l'envisager ici.

D'ailleurs la théorie du potentiel, qui a cours dans la science, quoique n'indiquant nullement la nature de l'électricité, ne la traite-t-elle pas comme un gaz travaillant dans les courants par sa force vive, et dans l'électricité statique par sa force élastique avec accumulation et raréfaction.

A l'encontre de ces conclusions, plusieurs auteurs, et parmi eux Fresnel, Maxwell, Hertz, lord Kelvin, ont conclu à la nécessité d'un éther incompressible, et l'opinion de ces savants vaut qu'on la considère.

La raison qu'ils en donnent est que les ondes transversales admises pour la propagation de la lumière ne peuvent se produire que dans un éther rigide; Hertz ajoute, il est vrai, que cette rigidité constituerait un obstacle insurmontable au mouvement des corps célestes, lequel exige au contraire un éther d'élasticité presque parfaite.

Cependant cette constitution d'un éther incompressible est-elle inconciliable avec notre théorie? Nullement.

Et, tout d'abord, dans l'induction, la transformation d'une quantité en tension peut s'expliquer avec un fluide de complexion liquide, puisqu'il s'agit d'une transformation de force vive, et nous avons vu par exemple que, dans le bélier hydraulique, une grande quantité d'eau douée d'une faible chute pouvait se transformer en une faible quantité pourvue d'une forte chute, la quantité y étant changée en pression.

Les courants, de leur côté, s'expliquent aussi bien avec éther incompressible que compressible ; le seul point prêtant à difficulté est celui des phénomènes statiques, d'influence notamment.

Il semble bien que, dans un barreau aimanté et dans un conducteur influencé, de l'éther est comprimé à un pôle et raréfié à l'autre, la transition elle-même paraît se faire par degrés insensibles ; mais cette manière d'être peut s'expliquer aussi avec un éther incompressible.

L'éther, dans tous les cas de courant ou d'influence, suit des lignes de force à substratum matériel, molécules de métal dans les conducteurs, d'oxygène dans l'air ; ces lignes de force sont de vrais ressorts à boudin qui peuvent se détendre ou se comprimer.

Dans le pôle négatif, ces ressorts seraient donc détendus, et ils seraient comprimés au pôle positif, c'est-à-dire à la sortie, sous l'effet de la résistance de l'atmosphère.

Mais, qu'il s'agisse d'éther compressible ou incompressible, une objection s'élève à l'assimilation de l'électricité avec un fluide matériel, c'est qu'un courant liquide ou gazeux circulant dans un tuyau n'émet au dehors rien qui ressemble à un champ électro-magnétique.

En effet, si un liquide traverse son enveloppe, il ne le fait qu'à l'état de liquide, et un gaz ne la traverse qu'à l'état diffus, tandis que, dans l'électricité statique, l'éther la traverse sous forme de lignes de force ou tourbillons non fermés épuisant la source, ou fermés ne l'affaiblissant nullement, comme dans les aimants.

Mais les conditions d'écoulement des fluides matériels et de l'éther ne sont pas comparables, et en remplaçant les molécules métalliques par de petites turbines, nous avons reconnu, au chapitre VIII, qu'on pourrait aussi créer des lignes de force avec de l'air au lieu d'éther.

La difficulté opposée est donc sans portée.

CHAPITRE XVII

COURANTS VOLTAÏQUES

Pile.

La pile est un des appareils prévus dans l'étude des courants, susceptibles d'orienter les molécules en un point quelconque d'un circuit ; c'est même le premier appareil ayant servi à produire des courants.

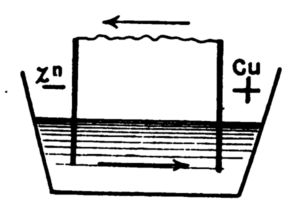


Fig. 39.

Primitivement constituée par un simple empilement de rondelles de cuivre, de zinc et de drap imbibé d'eau acidulée, elle peut être actuellement ramenée à la disposition suivante :

Dans un vase contenant de l'acide sulfurique étendu d'eau plongent deux lames, l'une de zinc, l'autre de cuivre, réunies par la partie supérieure au moyen d'un fil métallique. Le zinc

attaqué par l'acide forme l'électrode négative, la seule active dans la production du courant ; le cuivre, qui reste passif, constitue l'électrode positive.

Il y a courant allant du cuivre au zinc par le haut, du zinc au cuivre par le bas à travers le liquide.

L'explication des piles nous paraît être la suivante : en examinant, au chapitre V, les conditions de liaison des molécules matérielles avec l'éther, nous avons été amenés à reconnaître que ces molécules renfermaient plus ou moins d'éther, tout comme elles contiennent plus ou moins d'eau ou de gaz.

Lorsque les molécules changent de nature, comme il advient dans les réactions chimiques, il peut se faire que celles qui résultent des nouvelles combinaisons abandonnent ou prennent un surcroît d'éther ; dans le premier cas la réaction fournit de l'éther libre, c'est-à-dire de l'électricité positive, dans le second elle donne lieu à de l'électricité négative.

Dans notre pile, la molécule de sulfate de zinc a abandonné de l'éther ; cet éther libre va chercher son écoulement par le point de moindre résistance, qui est ici l'électrode positive, ou la lame de cuivre.

L'éther dégagé au pôle négatif, point où s'effectue la réaction chimique, va donc se diriger vers le pôle positif, orientant sur son passage les molécules du liquide semi-diélectrique, tout comme il orientait les brins de soie dans l'expérience de Faraday, et créant ainsi de vraies lignes de force.

L'orientation commencée dans le liquide se poursuivra dans le fil conducteur métallique qui, partant du cuivre, va rejoindre le zinc par la partie supérieure.

La résistance opposée par le liquide est considérable et est un des écueils de la construction des piles ; mais cette résistance est nécessaire à l'orientation et, par suite, au passage du courant. A son défaut, l'éther se diffuserait dans toute la masse du liquide, qui deviendrait dès lors un réservoir d'éther statique, non le siège d'un courant.

La théorie de la pile que nous venons d'exposer est, à peu de chose près, celle du P. Secchi.

Si vraiment l'électricité créatrice du courant provient d'une décomposition chimique, on conçoit que toute réaction ne puisse remplir le but; il faut qu'elle abandonne de l'éther, et

elles ne sont pas toutes dans ce cas : ainsi, si dans la pile susindiquée on remplace l'acide sulfurique par de l'acide azotique, la réaction est bien plus énergique, mais elle produit bien moins d'électricité.

Le courant d'éther refoulé vers le cuivre, qui joue simplement le rôle de conduit inerte, va rejoindre le zinc par la partie supérieure, formant ainsi un courant ininterrompu.

La tension des piles est peu considérable, et il faut en accoupler plusieurs en tension pour obtenir des effets de voltage appréciables. C'est ainsi qu'on utilise les accumulateurs, qui ne sont autre chose que des piles réversibles; on réunit chaque pôle positif au pôle négatif de l'accumulateur suivant, on multiplie ainsi la tension par le nombre des éléments, et le dispositif obtenu de la sorte peut être intercalé dans un circuit dynamique à vóltage élevé et lui servir au besoin de régulateur.

Nul doute que, si on parvenait à rendre l'électrode positive active en en faisant le siège d'une action moléculaire dans le sens du refoulement, la tension obtenue fût plus considérable.

Pile thermo-électrique.

Le mécanisme de la pile thermo-électrique peut s'expliquer de la même façon que celui de la pile chimique.

La chaleur apporte, avons-nous vu, des modifications profondes dans l'état des corps, et nous savons que le verre froid est un diélectrique presque absolu, tandis que chauffé il devient conducteur, et que, de même, la gutta-percha chauffée est bien plus conductrice que froide.

Lorsqu'on forme un circuit bismuth-cuivre avec deux soudures, et qu'on chauffe l'une d'elles, on remarque qu'il y a courant allant du bismuth au cuivre ; on peut expliquer ce fait comme suit : sous l'influence de la chaleur, les molécules du bismuth abandonnent un excès d'éther qui s'écoule par le point de raréfaction relative qu'est le cuivre, et la poussée ainsi produite oriente toutes les molécules des fils de cuivre et de bismuth, d'où résulte un courant.

Si le circuit était antimoine-cuivre, c'est l'antimoine qui constituerait le métal de moindre résistance, et le courant irait du cuivre à l'antimoine.

Electrolyse.

On sait que les piles et, d'une façon plus générale, les courants sont utilisés pour réduire les corps composés en rompant l'affinité de leurs molécules constituantes. Ainsi, par exemple, si nous faisons plonger les deux électrodes d'un courant dans un vase rempli d'eau, cette dernière est décomposée dès l'entrée du courant par l'électrode positive, la molécule d'oxygène reste fixée à cette électrode, et les deux molécules d'hydrogène correspondantes, rendues libres, s'en vont rejoindre, en suivant le courant, l'électrode négative.

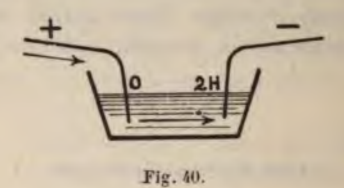


Fig. 40.

On a, par suite, classé les corps au point de vue électrolytique en deux grandes classes de *ions*, et, se souvenant que dans la théorie de Dufay les électricités de nom contraire s'attirent et que celles de même nom se repoussent, on a désigné sous le nom de *ion* électro-positif ou *anion* celui qui se rend au pôle négatif, sous le nom d'électro-négatif ou *cathion* celui qui se rend au pôle positif.

De plus, pour faire rentrer les phénomènes d'électrolyse dans la loi des deux fluides, on a décidé que les *ions* étaient chargés d'électricités différentes; mais ce sont là, nous n'avons pas besoin d'y insister, pures raisons métaphysiques.

Pour nous, il n'y a dans l'électrolyse, comme dans tous les phénomènes d'électricité, et sans doute d'affinité, qu'une question d'orientation de molécules. Une molécule est positive lorsqu'elle est envisagée par le côté qui propulse, négative par

le côté qui aspire ; dans notre cas de décomposition, la molécule d'oxygène orientée vers le pôle positif y reste fixée, la molécule d'hydrogène orientée en sens inverse est entraînée par le courant d'éther tourbillonnaire, et, ne pouvant traverser avec ce dernier le métal qui constitue l'électrode négative, y reste accolée.

C'est ainsi d'ailleurs que les phénomènes s'expliquent dans la galvanoplastie. Pour obtenir un dépôt de métal adhérent, de cuivre par exemple, sur un objet quelconque, on suspend cet objet à l'électrode négative et l'on constitue l'électrode positive avec une lame de cuivre, les molécules de cette dernière se transportent directement sur la cathode opposée.

Mais ce qui prouve péremptoirement la vanité de la division des molécules en ions chargés respectivement d'électricités différentes, c'est qu'une même molécule peut, suivant les cas, être négative ou positive, aspirée ou refoulée par le même pôle de la pile; ainsi, dans la décomposition de l'acide chlorique, le chlore se dégage au pôle négatif, il se rend au pôle positif s'il s'agit d'acide chlorydrique.

D'ailleurs, les ions qui se dégagent aux électrodes ont toujours été reconnus dépourvus de toute électricité.

Nous avons bien indiqué qu'à notre sens l'élément électropositif était entraîné par le courant d'éther ; mais ce point, qui a toujours été la source d'une difficulté dans l'explication de l'électrolyse, mérite de plus amples explications.

Pourquoi et comment l'un des éléments de la décomposition se retrouve-t-il loin de l'autre?

Pour expliquer ce fait, la science a adopté une théorie bizarre, celle de la chaîne de Grotthus. Ainsi, dans le cas de décomposition de l'eau, la première molécule d'eau étant décomposée, l'oxygène reste fixé à la cathode négative, l'hydrogène rendu libre décomposerait la molécule d'eau suivante et ainsi de suite, jusqu'au pôle négatif, où, après une série interminable de décompositions et de recompositions, les dernières molécules d'hydrogène restées libres se fixeraient à ce pôle. Ce serait, il faut l'avouer, beaucoup de travail pour peu d'effet.

La chose doit se passer bien plus simplement, car tout, dans les phénomènes, se poursuit suivant les voies les plus courtes et le minimum de travail.

Les molécules d'hydrogène doivent se rendre au pôle négatif en suivant le courant d'éther, et lorsqu'on songe à la dimension possible de ces molécules dont Wurtz accuse 21 trillions dans un centimètre cube de gaz, dont elles n'occupent même, d'après Clausius, que la six millième partie, on ne voit pas en vérité ce qui pourrait faire obstacle à ce transport, qui est rendu d'ailleurs d'autant plus facile que, les molécules liquides étant alignées, les vides ménagés entre elles se trouvent alignés aussi.

Le transport direct du positif au négatif, que nous avons admis, est prouvé d'ailleurs par de nombreuses expériences; c'est ainsi que Wiedemann et Clausius ont constaté qu'un liquide est transporté dans ce sens par le courant en traversant même un vase poreux.

Cette constatation est rendue plus probante encore par l'expérience classique suivante due à Davy. Soient trois vases : dans le premier, A, se trouve une dissolution d'un sel neutre, dans les deux autres de l'eau distillée. Ces trois vases sont réunis deux à deux par une mèche de coton imbibée d'eau.

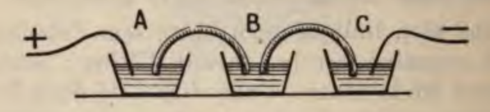


Fig. 41.

Le vase A est mis en rapport avec le pôle positif d'une pile, le vase C avec le pôle négatif ; dès que le courant est établi, la base du sel apparaît à l'électrode négative, l'acide reste à l'électrode positive, et le vase intermédiaire B ne contient comme devant que de l'eau pure.

L'eau du vase B a cependant été traversée par la base, il y a donc eu transport indéniable, et pas de décomposition successive intermédiaire possible.

Quelques auteurs, et parmi eux M. Duguet, prenant à notre sens l'effet pour la cause, estiment qu'un courant électrique ne peut se produire qu'à travers des corps électrolytiques, et que c'est la décomposition même de ces corps qui est la vraie source de l'électricité.

Voici comment M. Duguet explique son opinion dans le cas d'un courant parcourant un fil de cuivre où, en apparence tout au moins, aucune décomposition moléculaire ne se produit.

La molécule de cuivre est considérée comme composée d'un grand nombre d'atomes; les molécules, préalablement orientées, tournent rapidement en s'inclinant à droite et à gauche par un mouvement de précession.

La molécule, lorsqu'elle s'incline à gauche, prend à la molécule voisine un ou plusieurs atomes et les cède à la molécule de droite lorsqu'elle s'incline vers elle.

Comme dans la chaîne de Grotthus, toutes les molécules d'un circuit subiraient une décomposition incessante, et le courant d'électricité serait accompagné, ou plutôt provoqué, par un vrai courant de matière.

Pour ruiner cette hypothèse il suffit d'intercaler dans le fil de cuivre un morceau de fil d'un métal étranger, d'argent par exemple ; si l'hypothèse de M. Duguet était valable, le morceau de fil d'argent serait, au bout d'un certain temps, remplacé par un morceau de fil de cuivre. Or, nous pensons que ce résultat ne saurait être atteint.

CHAPITRE XVIII

RAYONS CATHODIQUES — RAYONS RŒNTGEN

Tout le monde aujourd'hui connaît l'ampoule de Crookes et ses récentes applications, les rayons cathodiques et les rayons Rœntgen. Sans prétendre donner à ces questions la même valeur qu'aux précédentes, il importe cependant de leur consacrer quelques lignes en reconnaissant que les explications que nous fournirons n'auront pas le même degré de vraisemblance que pour le magnétisme et l'électricité.

Rayons cathodiques.

Dans une ampoule de verre, Crookes a fait le vide jusqu'à un millionnième d'atmosphère ; cette ampoule est traversée

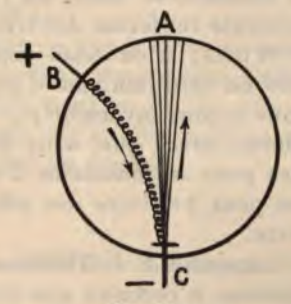


Fig. 42.

par un courant dont le pôle positif ou *anode* ne se trouve pas en face du pôle négatif ou *cathode*.

Lorsque le courant passe dans cette ampoule, voici ce qui se produit : un courant s'établit en sens inverse de B C, normalement à la surface de la cathode C, et ce courant a été par Crookes attribué aux molécules résiduelles de gaz que la raréfaction a laissé subsister dans l'ampoule et que lance la cathode en un vrai bombardement moléculaire.

On sait que, d'après la théorie cinétique des gaz, les molécules qui se dirigent en tous sens dans l'espace ou dans un vase fermé se heurtent un nombre incalculable de fois par seconde. Clausius a trouvé que les molécules d'air, à 0 degré, se mouvaient avec une vitesse de 485 mètres par seconde, celles d'hydrogène, à 1.844 mètres; de plus, le nombre de collisions de ces dernières a été évalué à près de cinq milliards dans le même laps de temps à la pression atmosphérique.

On sait encore que c'est par ces vitesses et ces chocs que l'on explique toutes les propriétés des gaz. Dans un vase clos, les chocs des molécules sur les parois engendrent la pression ; si le volume est réduit de moitié, le nombre des chocs sera double et la pression sera double aussi ; c'est l'explication cinétique de la loi de Mariotte. En outre, les chocs étant beaucoup plus nombreux, la température des gaz s'élèvera par la compression; par contre, la dilatation ou la détente les refroidira.

Mais ces collisions nombreuses masquant les propriétés des gaz, Crookes a eu l'idée de les raréfier à un très haut degré ; il les a, suivant son expression, amenés à l'état radiant ; or, à cet état radiant, le nombre des molécules est encore considérable.

D'après plusieurs auteurs, en effet, un centimètre cube de gaz à la pression ambiante renferme des trillions de molécules, 21 trillions d'après Wurtz ; il en reste donc encore des millions à la pression de un millionnième d'atmosphère, raréfaction qui a été reconnue la plus favorable par Crookes, pour constituer son état radiant, parce que, à ce degré, elles ne sont pas assez nombreuses pour se contrarier d'une façon sensible, et elles le sont assez pour produire des effets de choc appréciables contre le verre.

Mais revenons à l'ampoule. J. J. Thomson, par des mesures d'une extrême délicatesse, a reconnu que les molécules gazeuses sont lancées de la cathode à la paroi opposée avec une vitesse de 200 kilomètres à la seconde, au lieu de quelques centaines de mètres qu'elles possédaient auparavant ; sous cette vitesse les molécules cheminent en libre parcours moyen, c'est-à-dire

sans se heurter, et viennent choquer le verre avec une violence telle que de la cire se trouve fondue et qu'une lumière pâle se manifeste, dite lumière cathodique.

Quel que soit le gaz raréfié, tous les phénomènes sont les mêmes, sauf la teinte de la lumière qui varie et qui est verte pour l'air.

La nature matérielle de la projection est mise hors de doute par ce fait qu'une petite roue à ailettes située à l'intérieur de l'ampoule sur le trajet des rayons, est mise en mouvement ; de plus, si on place une croix en métal sur ce même trajet, les molécules sont arrêtées et une ombre fort nette se dessine sur la paroi du verre opposée.

Or, à quoi est due cette projection vertigineuse des molécules du gaz ? Le courant passant de B en C, les molécules de la cathode C sont orientées dans le sens de l'aspiration, c'est-à-dire que, si elles étaient libres de se mouvoir, elles le feraient suivant la direction C A et iraient choquer le verre.

Les molécules gazeuses qui, entraînées par le courant d'éther ou par tout autre moyen, viennent toucher cette cathode, prennent même orientation et même rotation que les molécules de cuivre, tout comme une molécule au contact d'un corps chaud prend sa température, autrement dit sa vibration ; mais, comme ces molécules gazeuses sont libres et mobiles, elles se propulsent avec énergie en prenant leur point d'appui dans l'éther.

On conçoit, d'après cette genèse, que le sens des rayons cathodiques soit absolument indépendant de la direction du courant électrique B C.

Mais les molécules de gaz lancées se sont, pendant leur séjour dans le courant B C, imprégnées d'éther ; elles sont donc chargées d'électricité positive, et en effet les rayons cathodiques sont repoussés par le pôle nord ou positif d'un aimant, attirés par le pôle sud ou négatif.

Rayons Rœntgen.

Cependant tout ne se passe pas à l'intérieur de l'ampoule. Rœntgen a reconnu que d'autres rayons se propageaient à l'extérieur et allaient impressionner à une certaine distance

des substances fluorescentes, telles que le platino-cyanure de baryum, à travers même des corps opaques, murs, livres, etc.

A la différence des rayons cathodiques, les rayons Rœntgen ne se reflètent ni ne se réfractent, ni ne s'interfèrent, et ils jouissent de ce chef des mêmes propriétés que les ondes gravifiques que nous examinerons plus loin. Ce ne sont donc pas des rayons cathodiques, quoique ceux-ci leur aient donné naissance ; comment donc ont-ils pu se produire ? Voici notre explication :

Les molécules de gaz constituant les rayons cathodiques, lancées à 200 kilomètres à la seconde, orientées et animées d'une vitesse de rotation considérable, dès qu'elles viennent à heurter la paroi du verre, impriment à ses molécules, en même temps que des vibrations, une orientation et une rotation en rapport avec celles des molécules choquantes ; de là, une source d'ondes ou plutôt de *lignes de force*, partie vibratoires, partie hélicoïdales, qui créent un champ jouissant des propriétés sus-indiquées, notamment celle de traverser les corps opaques à la façon des lignes de force électriques.

Et ce qui confirmerait cette manière de voir, c'est que les substances métalliques arrêtent les rayons Rœntgen, tout comme les écrans électriques qui, en métal aussi, absorbent les lignes de force et arrêtent l'influence électrique.

CHAPITRE XXI

SYSTÈME NERVEUX

Courants nerveux.

Il est peut-être audacieux de risquer, à propos d'électricité, une explication du fonctionnement du système nerveux ; mais nous avons, à propos de la bobine de Rumhkorff, reconnu une action du flux électrique sur les muscles, et ce fait a suscité en nous le désir bien naturel de rechercher les points de ressemblance qui pourraient exister entre l'influx nerveux et l'électricité.

Ce désir, d'ailleurs, ne peut qu'être fortifié par les analogies évidentes, criantes même, pourrait-on dire, que l'on rencontre entre ces deux modes d'énergie.

On distingue, dans la vie de relation, deux sortes de nerfs, *sensitifs* et *moteurs*, partant, les premiers de la périphérie pour se rendre aux centres nerveux, cerveau ou moelle épinière, les seconds partant de ces mêmes centres pour aboutir aux muscles qu'ils desservent et animent.

Il arrive parfois que le courant émanant de la périphérie se rend directement au muscle par le nerf moteur sans s'arrêter dans les centres nerveux. C'est le mécanisme même des mouvements réflexes ou intuitifs dans lesquels la volonté n'a aucune part.

Les mouvements habituels s'exécutent aussi d'une façon presque inconsciente : tel est le cas d'un musicien qui lit ses

Et qu'on ne pense pas que la théorie cinétique est un résultat d'imagination admis seulement par des esprits superficiels ou épris de merveilleux, car elle a pour auteur D. Bernouilli et pour continuateurs et adeptes des savants tels que Dalton, Joule, Clausins, Maxwell, Crookes, etc......

La science a fini par admettre la théorie cinétique des gaz à titre de simple hypothèse, il est vrai, mais rendant, mieux que toute autre, compte de leurs propriétés.

On est dans l'usage de dire, et nous avons prétendu nous-même dans notre explication de l'électricité statique, que les fluides gazeux sont susceptibles d'énergie par leur élasticité, tandis que les liquides ne la manifestent que par leur force vive. Y a-t-il vraiment deux modes d'exercice de l'énergie? Ce n'est là qu'une apparence ; l'élasticité du gaz n'est, en appliquant les vues de la théorie cinétique, que l'exercice d'une force vive.

Lorsqu'un gaz est enfermé ou comprimé dans un réservoir, ses molécules exercent une pression élastique sur les parois, mais la théorie cinétique nous apprend, et nous avons expliqué, que cette pression est due au choc des molécules gazeuses contre les parois et s'évalue, comme la force vive des corps, par le demi-produit des masses choquantes par le carré de la vitesse. Cette force vive se manifeste d'ailleurs, si elle n'est pas immédiatement utilisée, par les vibrations ou l'élévation de température qu'elle communique à ses propres molécules et à celles du récipient qui les contient.

Si, par exemple, un gaz est comprimé dans un cylindre, ou bien la force vive résultant de sa compression s'utilisera en poussant un piston et produisant un travail comme dans la machine à vapeur, ou bien elle se dépensera en élévation de température, et on aperçoit bien ici la liaison qui existe entre la chaleur et un travail mécanique.

La vibration moléculaire, le va-et-vient de la molécule peut se transformer en un mouvement de progression continue de cette même ou d'autres molécules, et cet aperçu nous fait entrevoir la solution du problème, aujourd'hui résolu, de l'équivalent mécanique de la chaleur.

CHAPITRE XX

TENSION SUPERFICIELLE — RADIO-ACTIVITÉ

Tension superficielle.

Un des effets de l'orientation des atomes ou molécules vers le centre de gravité des corps doit être d'empêcher la diffusion des corps entre eux, des liquides notamment.

Prenons une certaine quantité d'huile, plaçons-la dans un mélange d'eau et d'alcool ayant même densité, l'huile va se ramasser en boule ; il est manifeste, et nous l'avons déjà constaté, que les molécules de l'huile se sont dirigées vers le centre de gravité ; dès lors, la tendance à la séparation d'avec toutes autres molécules extérieures s'explique seule.

Cette tendance nous paraît être la cause principale de la tension superficielle qui s'oppose même au mélange de deux liquides de même densité.

Mais n'y aurait-il pas une autre cause, ou plutôt la tension ne serait-elle pas accentuée par la répulsion d'éther que les molécules orientées vers le centre refouleraient vers l'extérieur ?

S'il en était ainsi, les corps contiendraient à leur intérieur de l'éther en raréfaction et seraient entourés d'une atmosphère d'éther raréfiée et propulsée qui s'opposerait de son côté à toute diffusion réciproque des corps.

Nous avons, en électrostatique, constaté l'existence d'une semblable tension autour de réservoirs d'éther. Tout se passe, en effet, dans de pareils réservoirs comme si l'éther tout en-

centres nerveux et y avoir été orientée, modifiée, est transmise par ces derniers aux muscles, qu'il met en mouvement non par l'énergie propre de la pulsation, qui est très faible, mais par une sorte de déclanchement qui permet au muscle de se tendre ou de se détendre par sa seule énergie.

Le muscle, d'ailleurs, est formé d'une colonne de disques susceptibles de se déformer, de façon à pouvoir se tendre ou se relâcher facilement.

C'est là de la dynamique simple, et un mécanicien n'aurait nulle peine à reproduire, par une disposition semblable, les mouvements des membres au moyen de simples pressions périphériques, en remplaçant les nerfs par de simples tuyaux remplis d'air ; on pourrait même, sans doute, reproduire absolument la pulsation électrique avec un simple conducteur de métal.

Fonctionnement du cerveau.

Maintenant que nous voilà sur un pareil sujet, nous ne pouvons plus le quitter sans jeter un coup d'œil sur le fonctionnement du cerveau considéré comme organe central et matériel de la transmission et de l'élaboration nerveuse.

La persuasion où nous sommes que certains phénomènes dont il est le siège sont en tout semblables à ceux de l'aimantation et de l'électricité nous donne seule la hardiesse d'aborder une semblable étude, et nous serions presque tenté de nous en excuser auprès de nos lecteurs.

Le cerveau, avec ses innombrables cellules spéciales polarisées, ne fonctionne-t-il pas à la manière d'un réservoir métallique composé de molécules délicatement suspendues ?

Pour nous, l'affirmative n'est pas douteuse, et nous laissons ici de côté les cellules de la substance blanche qui fonctionnent comme les cellules nerveuses déjà étudiées, pour ne considérer que les cellules de la substance grise, siège de l'intelligence.

Dans un réservoir métallique, l'importance des phénomènes électriques est proportionnelle au nombre des molécules dont il est composé ; or, la substance grise du cerveau humain contient un nombre considérable de cellules, bien supérieur à

celui des animaux, et c'est là sans doute une des causes de la prédominance marquée de ses manifestations intellectuelles.

Voici, d'après nous, comment on peut comprendre le fonctionnement du cerveau, en laissant de côté, bien entendu, les questions psychiques de détermination et de conscience que nous n'avons pas la prétention d'aborder.

Les cellules grises sont pourvues de pôles indiquant une faculté d'orientation ; sous l'effet de la volonté, ces cellules s'orientent dans une certaine direction, et, si le cerveau est en relation avec l'extérieur, il en peut résulter des effets ayant pour tenants et pour aboutissants les nerfs sensitifs et moteurs.

Mais le cerveau peut couper toute communication extérieure avec ses nerfs, il peut s'abstraire, concentrer la direction de ses cellules sur un point intérieur déterminé, et ainsi travailler l'esprit tendu, absorbé en lui-même.

Ici, comme en bien d'autres cas, les mots ont intuitivement précédé l'explication, car la tension d'esprit est bien sans doute une vraie tension d'éther.

Une pareille tension ne peut avoir lieu que sous un effort contenu, une *contrainte*, comme dit Faraday, qui maintienne l'orientation des cellules ; si cette contrainte était de trop longue durée, l'élasticité de ces dernières pourrait être rompue et de là résulter une fatigue passagère ou des troubles cérébraux auxquels est sujette notre pauvre humanité.

Ces effets d'orientation cellulaire peuvent servir à expliquer la mémoire ; quelques cellules autrefois orientées ont pu conserver leur orientation par un phénomène de *rémanence* en tout semblable à celui qui nous est offert par un barreau de fer aimanté, où certaines molécules, autrefois orientées, sont restées orientées en tout ou en partie, ont conservé, pourrait-on dire, la mémoire d'un état antérieur.

Nous avons, en parlant du magnétisme, mentionné un nouvel appareil, le télégraphone, où les paroles prononcées par un téléphone ordinaire s'inscrivent dans un ruban d'acier en créant un magnétisme rémanent des molécules ; longtemps après ces mêmes molécules, restées orientées, reprononcent les paroles qu'elles ont retenues. Ce phénomène de rémanence n'est-il pas un vrai phénomène de réminiscence en tout identique à celui qui se produit dans notre cerveau ?

Mais si le cerveau agit à la manière d'un conducteur métallique, c'est-à-dire possède la faculté, en orientant ses cellules, de produire un flux d'éther, ne peut-il pas, comme lui, exercer, et, au besoin, subir une influence? Cette faculté nous paraît indéniable.

Un cerveau qui, sous l'effet de sa volonté, dirige ses cellules dans un certain sens vers le dehors, peut, par le flux qu'il émet analogue à un flux d'éther électrique ou magnétique, aller orienter dans son sens les cellules d'un cerveau voisin facilement impressionnable ; ce cerveau subit alors l'influence du cerveau excitateur, et ici encore le mot a précédé l'explication, car l'influence personnelle est en tout semblable à l'influence électrique ou magnétique, et le cerveau le plus puissans influence, subjugue le plus faible, lui impose sa volonté.

Ce serait là le secret de la suggestion et de l'hypnotisme.

Quant au flux dont nous avons parlé, son existence paraît certaine, et le fameux fluide magnétique n'est pas un mythe ; ce mot même de magnétique, appliqué à des phénomènes de pure psychique, n'est-il pas là d'ailleurs pour indiquer l'assimilation que de tout temps on a établi entre le magnétisme animal et le magnétisme du fer?

Les cellules du cerveau, orientées dans un sens voulu et approprié, propulsent l'éther le long des tubes nerveux, et ceux-ci, pour livrer passage au courant dans le sens contraire à celui qui leur est habituel, n'ont pas à changer l'orientation de leurs cellules, mais simplement le sens de leur rotation.

Les torpilles, les gymnotes et autres poissons électriques préparent et émettent, sur une grande échelle, sous la seule action de leur volonté ou d'une excitation étrangère, ce flux d'éther qui, chez eux, prend le caractère d'une décharge électrique.

Cette propulsion d'éther par le cerveau seul explique que cet organe puisse actionner les muscles et produire des mouvements, en dehors de toute excitation périphérique, de toute impression des sens.

CHAPITRE XXII

DÉCHARGES OSCILLANTES — ONDES HERTZIENNES

Décharges oscillantes.

Lorsqu'on réunit, au moyen d'un fil métallique, les deux armatures d'un condensateur (voir chapitre X), d'une bouteille de Leyde par exemple, placée dans certaines conditions de charge et de résistance, on observe le fait suivant : un courant

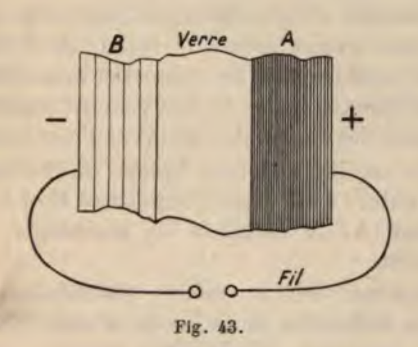


Fig. 43.

s'établit qui revient plusieurs fois sur lui-même, et la décharge complète n'a lieu qu'après un certain nombre d'oscillations.

que les ondes hélicoïdales ; mais, considérablement gênés par la résistance de l'air, ils ne peuvent manifester leurs effets qu'à de faibles distances ; pour les grandes, en effet, ce sont les ondes qui sont les seuls intermédiaires : nous en avons vu un exemple dans la télégraphie sans fils dont le fonctionnement est dû aux ondes hertziennes, nous allons en trouver un exemple plus général dans la gravitation.

En terminant ce chapitre nous rappellerons que, de même que l'air peut agir comme siège d'énergie par ses courants et comme simple transmetteur par ses ondes, de même l'éther peut agir soit par sa force vive et son élasticité au moyen des courants et des lignes de force, soit comme simple agent de transmission sans déplacement d'éther comme dans les ondes.

SIXIÈME PARTIE

GRAVITATION

SIXIÈME PARTIE

GRAVITATION

CHAPITRE XXV

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA GRAVITATION

'omme il est vraisemblable que le nombre de causes n'est infini et que tout, au contraire, tend vers l'unité, la cause la gravitation, d'après ses analogies profondes, sinon apentes, avec l'électricité et le magnétisme, doit être la même pour ces derniers.

'ous avons attribué à la déséquilibration dans les mouveıts et les orientations des molécules toutes les énergies éculaires *sensibles*, connues; l'accroissement des vibrations roduit la chaleur, l'orientation simple des molécules du fer roduit le magnétisme, enfin l'orientation simple ou jointe es rotations supplémentaires a donné naissance à l'électri-. Nous avons dû ajouter, il est vrai, à cette orientation ntifiquement établie une dissymétrie dans la forme de la écule.

'oilà ce qui se passe lorsque les molécules sont déséquiliəs, les énergies sensibles apparaissent ; mais, lorsqu'elles en équilibre avec le milieu ambiant, qu'advient-il de leurs ıvements, et ne se manifestent-ils point par quelque signe? r les vibrations, la question est depuis longtemps résolue,

Ce fait est rendu évident si on ménage une coupure dans le fil ; on constate alors, à chaque passage à travers la coupure, une étincelle qui change de sens avec une extrême rapidité, et, si l'on continue à charger le condensateur, la production d'étincelles est ininterrompue.

Voici, dans la théorie des deux fluides, l'explication que l'on rencontre dans un ouvrage de M. Decombe, paru en 1900. Dès la communication établie, les deux charges se précipitent l'une sur l'autre avec une telle énergie qu'elles se croisent sans se neutraliser, et, arrivées au bout de leur course, elles reviennent sur elles-mêmes en renouvelant plusieurs fois le même va-et-vient. Or, quelle apparence que deux fluides destinés à se neutraliser se croisent sans cesse en restant indépendants ?

Ce n'est pas là, il est vrai, l'opinion des partisans d'un fluide unique, de lord Kelvin en particulier, qui estime que le mouvement de va-et-vient est dû à la seule inertie de ce fluide ; notre explication se rapprochera de celle de lord Kelvin, mais au lieu d'attribuer l'oscillation à la seule élasticité de l'éther, nous l'assignerons en outre à l'inertie des molécules du fil.

L'éther comprimé en A se précipite, dès la communication établie, vers le vide produit en B, en orientant sur son passage les molécules du fil ; il traverse l'interruption en produisant une étincelle, et, arrivé en B, il s'arrête, les molécules reviennent alors sur elles-mêmes par leur propre inertie, facilitant ainsi, provoquant même le retour de l'éther vers l'armature A en produisant une étincelle nouvelle de sens inverse de la précédente ; puis le mouvement reprend, entretenu par l'insufflation des molécules en A, et l'aspiration en B.

La décharge oscillatoire sera même ininterrompue, si l'on continue à raréfier l'éther dans l'armature B et à le comprimer dans l'armature A, de façon à lui maintenir une prédominance de tension.

C'est en somme, ici, le même phénomène d'orientation alternative des molécules dans les deux sens, qui nous a servi à expliquer les courants d'induction.

Si la coupure du fil ou le fil lui-même présentait une grande résistance ohmique, telle qu'une corde mouillée, la décharge disruptive du condensateur, au lieu de s'opérer par étincelles successives et de sens inverses, s'effectuerait par une série de

décharges toutes de même sens (Maxwell), et on s'en explique aisément la raison.

La résistance ohmique est celle qui résulte de la nature du fil. Les molécules de la corde mouillée sont très résistantes ; sous la poussée du courant elles s'orientent, mais, tendant à revenir paresseusement sur elles-mêmes, elles sont incapables de produire un courant de sens inverse ; l'oscillation suivante rétablit le courant principal, et ainsi de suite jusqu'à extinction de la charge.

Pour en revenir à notre condensateur, on nomme *excitateur* le dispositif de l'interruption produite dans le fil. Les oscillations peuvent être espacées en élargissant la coupure ; on est arrivé, par contre, en la réduisant, en terminant les extrémités des fils par des boules et en faisant éclater l'étincelle dans de l'huile, à obtenir d'abord 400.000 étincelles par seconde, puis Hertz, et c'est là le mérite de sa découverte, est parvenu à en produire 500 millions, et le professeur hindou Boze 50 milliards.

Ondes hertziennes.

Nous avons, à l'exemple de Maxwell, admis dans les courants une orientation des molécules du fil ; or, dans l'excitateur Boze ces molécules changent de sens 50 milliards de fois par seconde ; sans doute il y a une limite à ces oscillations moléculaires, et à ce chiffre elle n'est peut-être pas loin d'être atteinte, car Maxwell a estimé que la molécule de cuivre pouvait osciller des milliards de fois par seconde.

Ce courant, qui change si rapidement de sens, engendre un champ spécial, qui a été nommé *champ oscillant* et qui est produit non par un flux d'éther, comme les influences des champs magnétiques et électriques, mais par des ondes dites hertziennes ou électro-magnétiques.

Nous ne dirons que quelques mots des ondes hertziennes, qui sortent quelque peu du cadre de notre sujet ; nous indiquerons cependant qu'elles participent des ondes lumineuses par leur rythme, leur faculté de réflexion, de réfraction et

de diffraction, mais qu'elles en diffèrent par leur polarisation naturelle et leurs propriétés électriques.

Si on considère en effet que l'étincelle électrique est produite par un jet d'éther en tourbillon, et que dans l'excitation oscillatoire l'étincelle jaillit alternativement de chaque extrémité de la coupure, on peut comprendre l'onde hertzienne comme engendrée par une spire tournant alternativement dans un sens et dans l'autre avec une très grande rapidité. Dès lors cette onde, de nature lumineuse par le rythme des va-et-vient, des ventres et des nœuds, est électrique dans l'intervalle par son caractère hélicoïdal.

Maxwell était convaincu, et avec raison sans doute, que si on parvenait à rendre les ondes hertziennes mille fois plus rapides que celles produites par l'excitateur de Boze, on obtiendrait des effets lumineux correspondant à la couleur orange du spectre.

De là à supposer une identité absolue entre les ondes hertziennes et les ondes lumineuses, il n'y avait qu'un pas, et ce pas a été franchi. Maxwell n'aperçoit, en effet, entre ces ondes, qu'une différence de quantité ; pour nous, sans contester le caractère lumineux des premières, nous n'y voyons que des ondes bâtardes artificiellement créées.

Le motif, en effet, de l'assimilation avancée par Maxwell entre la lumière et l'électricité, c'est la vitesse identique de la propagation de ces deux énergies, 300.000 kilomètres par seconde ; or, nous démontrerons, au chapitre XXIV, sur la propagation des énergies, que le mode de propagation par ondes hélicoïdales doit être identique à celui par ondes vibratoires, et que, par suite, leur vitesse de transmission ne saurait différer.

D'ailleurs, la lumière n'est pas une cause, c'est un effet, et, chaque fois que, par un moyen quelconque, on parviendra à ébranler l'éther des trillions de fois par seconde suivant le mode vibratoire, on obtiendra des effets lumineux.

On peut en dire autant de l'électricité, qui, elle non plus, n'est pas une cause, mais l'effet d'orientations moléculaires, quel que soit le mode qui les produise ; de l'éther accumulé n'importe comment donnera toujours de l'électricité positive, et l'éther mis en mouvement par une cause quelconque fournira toujours un courant.

Cohéreur ou radio-conducteur de Branly.

Les ondes hertziennes ont pu être utilisées dans la télégraphie sans fil, grâce au tube cohéreur ou radio-conducteur de Branly, dont nous avons dit quelques mots en traitant du magnétisme.

Ce petit appareil est simplement constitué par un tube de verre rempli d'une limaille métallique quelconque, ou même de petits morceaux de métal qu'on intercale dans le circuit d'une pile ; en temps ordinaire le courant ne passe pas, mais, sous l'action d'une seule étincelle électrique quelconque, hertzienne ou non, émanée d'une machine de Nairne par exemple, le courant passe. Pourquoi ?

Nous rappellerons ici l'explication que nous avons déjà donnée, tellement elle nous paraît simple et probante. L'étincelle électrique provoque une onde sphérique hélicoïdale ; or les ondes ont pour caractère d'aller provoquer au loin, dans les molécules en accord avec elles, des mouvements et des orientations identiques à ceux dont elles sont animées ; les molécules des limailles du tube seront donc orientées, et l'étude des fantômes magnétiques nous a habitués à ces orientations.

Or, orientées bout à bout, ces molécules produisent un courant induit de très faible tension ; on renforce l'effet de cet induit en intercalant, comme nous l'avons dit, le cohéreur dans le circuit d'une pile. L'orientation des molécules sert surtout alors à livrer passage au courant de la pile.

Pour détruire les orientations aussitôt après l'éclatement de l'étincelle, des coups de marteau rapides viennent frapper le tube.

Le cohéreur de Branly n'est que la reproduction du tube rempli de limaille de fer dont nous avons également parlé dans le magnétisme et qui, sous l'action d'un aimant, devient un aimant lui-même ; on voit même ici les limailles s'orienter d'une façon manifeste, et, toujours comme dans le tube de Branly, un coup de marteau est nécessaire pour détruire l'orientation et rompre le courant.

CHAPITRE XXIII

APERÇU GÉNÉRAL SUR LES ÉNERGIES ET LEURS TRANSFORMATIONS

En résumé, les énergies moléculaires sont dues aux vibrations et aux rotations. Les premières engendrent la chaleur et la lumière, les secondes donnent naissance au magnétisme, à l'électricité et sans doute aussi à la gravitation.

Lorsqu'un corps est frappé par un autre corps et qu'il est libre de se mouvoir, on aperçoit bien de quelle manière se transforme l'énergie, mais que devient-elle si le corps frappé est fixe ? Ici l'esprit est dérouté parce que la liaison des phénomènes lui échappe.

Si le corps est frappé normalement, les molécules entrent en vibration comme autant de ressorts bien suspendus, et l'énergie se transforme en chaleur et même en lumière si le nombre des vibrations est suffisamment élevé ; le mouvement de translation du corps choquant et sa force vive n'ont pas changé de nature, ils se sont simplement transformés en translations et, forces vives moléculaires, ils se sont désintégrés.

Si la direction du choc est oblique, il y aura décomposition de l'énergie, la composante normale au corps produira des vibrations, la composante tangentielle produira des orientations avec accélération des rotations moléculaires, tout comme dans le frottement; de là production simultanée de chaleur et d'électricité, et, en général, ces deux énergies apparaissent à la fois en proportions diverses.

Si cette manière de voir était exacte, comme tout semble l'indiquer, on pourrait conclure que, dans un choc, **les manifestations électriques sont dues aux composantes tangentielles, les manifestations calorifiques aux composantes normales.**

CHAPITRE XXVI

LA GRAVITATION EST UNE ÉNERGIE ATOMIQUE

Dans un corps quelconque, les molécules et les atomes, nous le savons, sont distants entre eux et noyés dans l'éther ; ils sont en outre, par nécessité d'équilibre, animés de mouvements de rotation et de vibration rapides ; or, de même que les vibrations moléculaires produisent des ondes dans l'éther, les rotations doivent, à leur tour, produire une agitation rythmée.

De même encore que, dans un corps, toutes les vibrations lumineuses se composent en une résultante unique qui représente la puissance lumineuse et calorifique de ce corps, de même aussi les ondes hélicoïdales engendrées par les rotations viendront, au point de vue de l'action à distance, se composer en une résultante unique dont le point d'application sera le centre de gravité, et c'est là la définition même du centre de gravité.

Lorsqu'une gouttelette liquide est soustraite à la pesanteur ou que cette dernière est de peu d'importance au regard des attractions moléculaires, on voit cette gouttelette prendre la forme sphérique, ce qui montre que les molécules ou atomes sont orientés vers son centre.

Mais une molécule sphérique ne saurait avoir d'orientation puisqu'elle est la même en tous sens ; la molécule et l'atome doivent donc être asymétriques ; cette forme, d'ailleurs, nous en avions reconnu la nécessité par d'autres considérations en traitant des énergies moléculaires.

Si nous faisons ici intervenir l'atome, c'est que, eu égard à l'universalité des effets de la gravitation, l'action gravifique nous paraît devoir s'adresser à l'atome primordial de préférence à la molécule, et, conséquence ultime, l'atome doit être le même dans tout l'univers, et de forme asymétrique.

Cette conséquence a été entrevue par divers physiciens, et elle s'impose en effet. Lorsqu'un diapason vibre, les ondes qu'il émet ne peuvent influencer qu'un diapason de même longueur de branche ; de même, lorsqu'on pique une note de piano, c'est la même note d'un piano voisin qui vibre, toutes les autres restant insensibles.

Puisque donc tous les corps attirent proportionnellement au nombre de leurs atomes, ne faut-il pas de toute nécessité que les ondes émises soient toutes les mêmes et les atomes, par suite, de même forme ?

D'autre part, tous les corpuscules influencés à distance le sont d'égale façon ; ils doivent donc être en accord, c'est-à-dire de même forme aussi que les corpuscules excitateurs.

L'atome unique et universel s'impose donc par les effets mêmes de la gravitation universelle.

De même que la molécule forme la matière, l'atome forme la molécule. L'atome peut, dans un corps, être orienté dans un sens, la molécule dans un autre ; certaines ondes peuvent influencer l'atome seul en accord avec elles, comme dans la gravitation; certaines autres peuvent n'influencer que des molécules appropriées, comme dans le magnétisme, et un corps peut être le siège de phénomènes électriques ou magnétiques en même temps qu'il reste invariablement soumis à la pesanteur, et sans que l'action de cette dernière en soit nullement troublée.

Mais, qu'ils agissent de concert ou séparément, atomes et molécules se comporteront de même façon vis-à-vis de l'éther à la seule condition qu'ils soient de forme propulsive; s'ils sont isolés, ils progresseront en prenant leur point d'appui dans l'éther ; ils propulseront au contraire ce dernier s'ils sont fixes eux-mêmes.

Pour ne pas compliquer notre exposé, nous parlerons indifféremment de l'atome ou de la molécule, d'autant que l'explication de la gravitation que nous allons aborder n'exige pas impérieusement qu'elle s'adresse à l'atome : elle peut aussi bien s'adresser à la molécule, à la condition que, dans toutes les actions à laquelle cette dernière est soumise, électricité, etc., la composante réservée à la gravitation soit toujours maintenue constante.

Nous avons cherché à démontrer, dans le chapitre qui traite

du magnétisme, que, même dans un corps solide irrégulier, les molécules soustraites à toute influence étrangère étaient dirigées vers le centre de gravité. Quoi qu'il en soit de cette direction, il est indéniable, et c'est ce qui importe seul, que dans un corps quelconque toutes les attractions moléculaires se font équilibre, puisque, livré à lui-même, ce corps reste au repos ; il y a donc direction moléculaire systématique, et de toutes ces directions la résultante est nulle quant au corps lui-même.

Il n'est donc nullement nécessaire, pour ce qui va suivre, que les molécules soient dirigées vers le centre de gravité. Toutefois, comme il est indispensable de fixer les idées, et que c'est en somme la supposition la plus rationnelle, nous admettrons cette dernière orientation, qui, pour les corps célestes, qui ont tous la forme sphérique, paraît bien démontrée.

Mécanisme de la gravitation.

Sans que nous puissions encore définir l'essence de la gravitation, nous pouvons énoncer que tout corps est soumis à l'attraction de sa masse et à celle des masses environnantes.

Mais un corps isolé dans l'espace n'est soumis qu'à l'action de sa masse ou de ses propres molécules, il doit donc prendre la forme d'un sphéroïde, et c'est le cas de la terre ; nous voyons en effet, sur cette dernière, tous les graves se diriger, dans leur chute, vers son centre de gravité. Or, l'atome n'est autre chose que le grave élémentaire orienté dès la formation même de la terre.

Dans l'étude du magnétisme et de l'électricité, nous n'avons eu affaire qu'aux flux d'éther pour la transmission des influences. C'est seulement dans l'étude des champs oscillants que nous avons rencontré des ondes dites hertziennes ; dans la gravitation, nous ne rencontrerons que des ondes.

Considérons la terre. Chaque atome émettant des ondes sphériques, leur résultante au point de vue de l'action à distance sera égale à la somme des actions atomiques appliquée au centre de gravité, et c'est vers ce centre que convergeront tous les atomes terrestres.

Reprenons maintenant un atome terrestre. Il est orienté vers le centre de la terre et émet, grâce à sa rotation et à sa forme propulsive (voir chapitre XIV), des ondes hélicoïdales tendant à orienter, dans leur torsion, tous les atomes qu'elles rencontrent, et ces atomes, une fois orientés, tendent vers la terre en vertu de leur forme propulsive, avec prise d'appui dans l'éther.

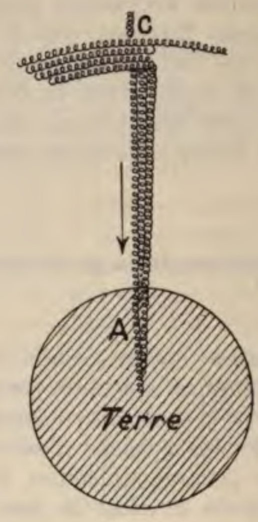


Fig. 46.

C'est là toute la théorie de la gravitation. Sur tous les atomes rencontrés dans l'espace, l'effet produit sera identique à celui subi par l'atome C, c'est-à-dire qu'il sera proportionnel au nombre d'atomes composant la terre et en raison inverse du carré des distances.

Au regard de la terre, plaçons la lune. Chez elle aussi les atomes sont dirigés vers le centre, mais que l'un d'eux vienne à être rencontré par les ondes gravifiques terrestres, il tendra à se dévier ; si quelques atomes de la lune subissaient seuls cette déviation, ils se trouveraient dans les conditions des molécules orientées dans les corps fixes, et ils engendreraient de

l'électricité ; mais ils obéissent tous à la sollicitation, et dès lors ils se propulsent ensemble dans l'éther.

Si, de plus, chaque atome lunaire sollicité était isolé, il rentrerait tout entier dans l'onde hélicoïdale et tomberait sur

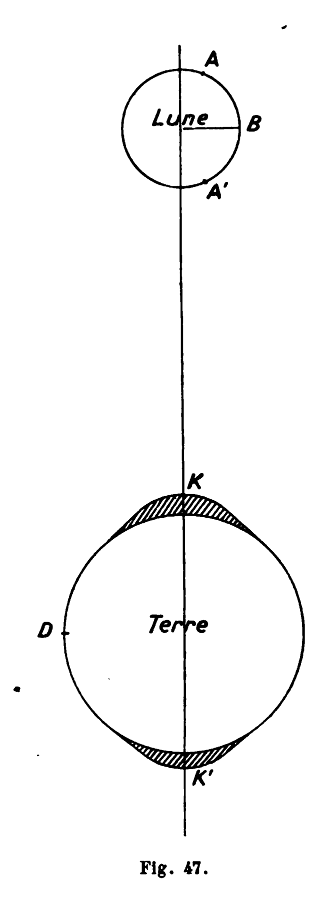


Fig. 47.

la terre ; mais il est fortement attiré vers le centre de la lune, et, entre deux sollicitations, il se dirige suivant la résultante.

La déviation des atomes influencés ne sera pas la même pour tous : très forte en B, où le bras de levier est considérable, elle sera faible en A et A', près de la ligne des centres,

mais partout *l'effet produit sera proportionnel à la puissance de la masse attirante.*

Comme la lune tourne sur elle-même, ses atomes seront soumis à des actions sans cesse variables ; de plus, étant disposés symétriquement par rapport à la ligne des centres, les directions des atomes qui, primitivement, venaient se détruire au centre de gravité seront déviées vers la terre et avec une énergie d'autant plus grande que l'attraction de cette dernière sera plus considérable.

Sous l'attraction persistante de la terre, la lune devrait, comme un simple grave, tomber vers elle en accélérant sa vitesse, et cet effet serait immanquable si la lune, comme tous les corps célestes, n'était animée d'un mouvement de translation qui transforme sa chute en mouvement circulaire.

L'action de la lune sur la terre est identique à celle produite par la terre sur son satellite, et le phénomène des marées nous indique bien les effets de son attraction.

A chaque instant les molécules terrestres sont différemment intéressées : au maximum lorsqu'elles sont dans la position K en face de la lune, au minimum à l'opposite K'.

Cette valeur de l'attraction lunaire, quoique double de celle exercée par le soleil, est en réalité peu considérable, car la marée théorique qu'elle produit n'est que de $0^m,50$ environ, et la sollicitation se réduit à 0 gr. 168 par mille kilogrammes.

Si un troisième corps agissait sur la lune ou sur la terre, il y aurait là un simple problème de composition de forces qu'il est peu intéressant d'examiner au seul point de vue de la recherche des causes.

On aperçoit bien nettement que la masse attirante agissant de même sorte sur chaque molécule de l'espace, qu'elles soient dispersées ou agglomérées, l'effet de l'attraction dépendra seul de cette masse attirante, et, à distance égale, tout corps sera également influencé.

On remarquera que, d'après notre explication de la gravitation, chaque molécule terrestre orientant dans son sens toutes les molécules influencées, celles situées devant elles seront attirées, aspirées par l'onde hélicoïdale, tandis que celles placées en deçà seront repoussées vers le centre de la terre.

La conséquence en est que ce sont les molécules les plus rapprochées du centre de la terre qui éprouveront le plus les effets de la pesanteur, ce qui est conforme à la vraisemblance.

Le magnétisme et l'électricité ont besoin pour naître d'une orientation moléculaire préalable, et, cela fait, c'est un flux d'éther qui est la cause de tous les phénomènes subséquents magnétiques et électriques. Ces phénomènes ne se manifestent pas en tous sens, mais seulement dans celui de l'orientation moléculaire elle-même, ou des lignes de force.

On a voulu cependant, à l'exemple de Képler, attribuer aux corps célestes des propriétés magnétiques, et la terre est encore, par certains, considérée comme un vaste aimant rendant plus ou moins bien compte de l'orientation de l'aiguille aimantée.

Nous avons vu ce qu'il fallait penser de cette opinion, mais un examen même superficiel démontre l'inanité d'une pareille assimilation.

Tout corps aimanté, ou bien ne possède aucun pôle, comme un anneau, et alors il n'est le siège d'aucune action extérieure, ou bien, comme un barreau, il en possède deux, et alors il est le siège de manifestations magnétiques ; c'est ce dernier cas seul qui est à envisager, et de fait on attribue à la terre deux pôles magnétiques nord et sud.

Mais si un corps céleste n'est qu'un aimant pourvu de deux pôles, quel sera son mode d'action sur les autres corps célestes ? Au regard des pôles, la vitesse de ces corps sera accélérée et la distance diminuera ; dans le sens de la ligne neutre, la vitesse sera retardée et la distance accrue ; le mouvement des corps célestes, en supposant qu'il pût se maintenir, serait donc saccadé et incohérent.

Autre considération. Un aimant possède un nombre de lignes de force limité et c'est en raison du nombre des lignes qui le traversent qu'un barreau de fer est influencé ; si, au lieu d'un barreau, on en met deux en présence d'un pôle d'aimant, les lignes de force se diviseront et chaque barreau recevra une influence moindre que s'il était seul.

La gravitation, donc, si elle était due au magnétisme, varierait avec le nombre de corps soumis à son influence ; or, on sait qu'il n'en est rien.

Cette considération des lignes de force fait écarter de même toute assimilation avec l'électricité.

La gravitation est d'essence pondérée et uniforme, et nous l'attribuons non à un flux d'éther, mais aux ondes émises par les molécules ou atomes en rotation.

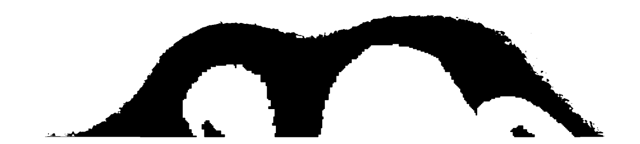
Si les atomes terrestres étaient tous orientés dans le même sens et dans l'impossibilité de se mouvoir, la terre présenterait, sans doute, des phénomènes magnétiques et émettrait comme un aimant un flux et des lignes de force qui viendraient se fermer sur elle-même ; mais son action gravifique, celle qui s'exerce au loin par ses ondes, n'en serait nullement affectée.

Il en serait de même si une portion quelconque des molécules était le siège d'une orientation avec ou sans accroissement des vitesses rotatives, les phénomènes électriques qui en seraient la conséquence resteraient purement locaux, à moins toutefois qu'un corps fût suffisamment approché pour recevoir quelques lignes de force et être, par suite, influencé ; mais ce n'est pas le cas des corps célestes.

La gravitation, quoique due, comme le magnétisme et l'électricité, à la rotation des atomes ou des molécules ayant forme propulsive, s'exerce donc d'une façon différente de ces énergies : elle ressemble plutôt à la chaleur et à la lumière ; car, comme elles, elle se propage par ondes sphériques et se montre indépendante de l'orientation moléculaire ; elle est, en un mot, pour la rotation, ce que la lumière et la chaleur sont pour les vibrations.

De même que l'on peut augmenter la température d'un corps en augmentant le nombre de vibrations de ses molécules, de même, sans doute, on accroîtrait sa masse en augmentant la fréquence des rotations moléculaires. Et, d'après les conditions mêmes de la constitution de la matière, il est permis de concevoir, en faisant application du principe de la conservation de l'énergie, que les rotations pourraient se transformer en révolutions, ou vibrations, c'est-à-dire la masse en chaleur ou réciproquement.

Nous étudierons d'ailleurs, plus loin, la possibilité et la probabilité de ces transformations.



CHAPITRE XXVII

DISTRIBUTION DES ÉNERGIES DANS LE SYSTÈME SOLAIRE

En résumé, dans la gravitation comme dans le magnétisme et l'électricité, tant qu'un corps se trouve seul tout se réduit à des forces intérieures qui s'annulent, et le corps reste au repos ; mais, dès que s'approche un second corps, une influence s'établit par le moyen des ondes, qui des deux corps influencés fait un système intérieur, autrement dit un corps unique vis-à-vis des corps étrangers.

Le système solaire lui-même forme par rapport aux autres corps célestes un ensemble fermé, où toutes les forces se détruisent comme dans un corps compact, et vis-à-vis des soleils de l'espace, notre système se comporte comme s'il était tout entier résumé à son centre de gravité.

D'après la théorie de Laplace, le soleil, les planètes et leurs satellites faisaient autrefois partie d'une même nébuleuse, et c'est successivement et en commençant par les plus éloignés, que des anneaux se seraient détachés, chacun d'eux ayant, par sa condensation, formé une planète. Les planètes encore à l'état nébuleux auraient joué le même rôle vis-à-vis de leurs satellites.

De ce mode de formation, qui a toutes les apparences de la réalité, il résulterait que tous les corps de notre système ont joui primitivement de la même température, mais tous, en dehors du soleil, ils se sont refroidis en rayonnant leur chaleur dans l'espace, et seule une croûte superficielle a garanti l'intérieur contre une déperdition plus rapide, de sorte que, pour les planètes inférieures tout au moins, Mercure, Vénus, la Terre et Mars, on peut estimer que la partie centrale est encore liquide.

Mais la partie superficielle s'est refroidie au maximum, et il paraît hors de conteste que la chaleur qu'elle reçoit et qui

la met en équilibre avec le milieu ambiant lui vient tout entière du soleil en raison inverse du carré des distances.

Voilà pour ce qui est des vibrations moléculaires, mais n'en sera-t-il pas de même pour la gravitation? Les corps planétaires, en se détachant de la nébuleuse, ont dû aussi emporter la rotation moléculaire commune; or c'est, suivant nous, cette rotation qui crée la masse.

Peu à peu, avec le temps, les rotations comme les vibrations se sont affaiblies au sein du milieu céleste, et, sans doute, comme pour les températures, la croûte planétaire a subi la déperdition la plus considérable. Ce qui tendrait, en effet, à prouver cette déperdition, c'est que pour ce qui est de la terre, seule accessible à nos investigations, la masse de la surface étant de 2,5, celle de la terre entière est de 5, 45, ce qui montre d'une façon incontestable que l'intérieur de la terre a une masse bien plus forte que la surface.

Mais, sans entrer dans le détail du rapport des masses intérieures et extérieures de chaque planète, il apparaît que, d'une façon générale, les planètes ont perdu de leur puissance attractive depuis leur détachement de la nébuleuse primitive et qu'actuellement elles reçoivent leur puissance gravifique, tout comme leur chaleur, de l'astre central seul; en effet, les planètes extérieures qui sont les plus éloignées ont, eu égard à leur volume, une masse bien moins importante que les planètes inférieures.

Donc, de même qu'il se refroidit, le soleil doit perdre de sa puissance attirante ; les vibrations et les rotations moléculaires, sous la résistance infiniment faible mais incessante opposée par l'éther, finiront même par s'éteindre et se mettront à l'unisson du milieu céleste, et, s'il était permis de sonder l'avenir par une vue philosophique qui est loin d'être en désaccord avec la science, on pourrait prévoir le moment où, la masse et la cohésion ayant disparu, la matière entrerait en dissolution au moment même où elle perdrait toute énergie.

Devenus impondérables, frappés de mort à la façon de ceux d'un corps vivant, les éléments des mondes disparus, après être rentrés dans la réservoir général que nous appelons le néant, pourraient à nouveau s'organiser et recommencer une autre existence.

Mais ces éléments impondérables, sans mouvements coordonnés, ne seraient-ils pas les atomes de l'éther lui-même?

CHAPITRE XXVIII

CONSTITUTION DE LA MATIÈRE ET DE L'ÉNERGIE

Nous en avons fini avec l'explication des énergies ; il est cependant une question que nous ne nous sommes pas posée, à savoir comment il se fait que les ondes gravifiques puissent pénétrer au sein de masses profondes comme le soleil; mais quantité d'autres faits étranges de pénétration se passent sans cesse sous nos yeux, auxquels nous ne prêtons nulle attention parce que nous en sommes pour ainsi dire saturés.

La lumière ne traverse-t-elle pas l'atmosphère sur quelque cinquante kilomètres avec une lucidité presque parfaite lorsque cette atmosphère est débarrassée de toute impureté; or, qu'est-ce que l'atmosphère, sinon une matière dont les molécules sont douze fois plus éloignées seulement qu'à l'état liquide ou solide?

La lumière, enfin, ne traverse-t-elle pas des couches indéfinies d'éther sans en être affaiblie? et l'éther est certainement un milieu résistant.

Quoi d'étonnant, au surplus, que nous ne comprenions pas encore le mode de pénétration des ondes gravifiques? Nous avons, on le sait, conclu à leur forme hélicoïdale; or, de pareilles ondes nous ne savons rien, sinon qu'elles ne se reflètent ni ne se réfractent.

A bien considérer le mode d'excitation des molécules dans l'électricité et le magnétisme, il apparaît que l'influence s'établit de proche en proche, de molécule à molécule, avec une très grande rapidité.

Le mode d'excitation par ondes ne doit pas différer de celui par flux, et dès lors la pénétration n'a plus rien d'inexplicable.

Si les vues que nous venons d'exposer sur les énergies moléculaires ont quelque fondement, on peut imaginer la matière constituée comme suit, constitution qui n'est, à quelques détails près, que celle admise par la science.

La matière peut être considérée comme formée de molécules espacées vibrant et tournant, noyées dans l'éther; les vibrations étant la source de la chaleur et cette dernière dilatant les corps uniformément en tous sens, les vibrations calorifiques et lumineuses doivent se produire aussi en tous sens.

La molécule peut, dès lors, être imaginée comme animée des mêmes mouvement qu'une toupie.

Une toupie, pour maintenir son équilibre, est animée d'un mouvement de translation ou de révolution autour d'un centre fictif, d'un mouvement de rotation sur elle-même dans le sens de la translation, et d'un mouvement d'oscillation ou de précession de son axe de rotation.

Les mouvements de la molécule ou de l'atome faisant partie d'un corps matériel, c'est-à-dire soumis à l'influence d'autres molécules voisines, sont donc les mêmes que ceux d'un corps céleste soumis à l'influence d'un ou de plusieurs autres corps, et, en vérité, on ne voit pas pourquoi les conditions seraient différentes.

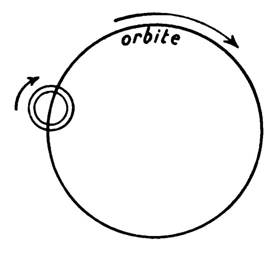


Fig. 48.

Les dilatations s'effectuant de même en tous sens, chaque molécule doit se mouvoir sur une surface sphérique, c'est là son mode de vibration calorifique et lumineuse, c'est là son caractère transversal reconnu par Fresnel, il résulte de la constitution de la matière elle-même.

Voilà pour les révolutions; quant aux rotations, elles sont, d'après nous, la source de la gravitation, et, au cas de rupture d'équilibre, elles produiraient l'électricité et le magnétis-

me ; mais les ruptures d'équilibre sont l'exception et ne peuvent être dues qu'à des causes accidentelles ; dès lors, on conçoit que le magnétisme et l'électricité ne puissent être que des manifestations passagères et provoquées sans influence dans l'harmonie des mondes.

La molécule effectuant son parcours sur une surface sphérique, peut à chaque instant changer de route sur cette surface, mais toujours elle comprimera et raréfiera l'éther alternativement sur tout son pourtour.

D'après cette constitution de la matière, il est naturel de supposer que, sans que fût changée la somme d'énergie que possède une molécule, les révolutions ou vibrations pussent, dans certaines circonstances, se transformer en rotations, c'est-à-dire la chaleur en masse et électricité ou inversement, et c'est sans doute là aussi le secret des énergies chimiques.

Le jeu de billard, avec ses effets si variés, nous fournit un exemple de pareilles transformations, car on y change à volonté rotations en translations, et translations en rotations.

La conception de la matière que nous venons d'exposer ne nous est pas particulière, et lord Kelvin a reconnu que le magnétisme n'est explicable qu'à la condition de supposer à la molécule de fer un mouvement préexistant, c'est-à-dire normalement lié à la constitution de ce métal.

Cauchy, précisant, a admis dans les gaz des mouvements orbitaires des molécules liés à des mouvements de rotation ; plus récemment enfin Clausius, à qui l'on doit en grande partie la théorie cinétique des gaz, à attribué ces mêmes mouvements orbitaires et de rotation aux molécules des liquides et des solides.

Ces divers mouvements, rattachés à la dynamique par la découverte de l'équivalent mécanique de la chaleur, rendent parfaitement compte de toutes les circonstances qui accompagnent la matière dans ses manifestations et ses transformations.

Joule a pu déterminer la quantité de travail nécessaire pour élever d'un degré ou d'une calorie un kilogramme d'eau ; il a trouvé que ce travail équivalait à 425 kilogrammètres, soit un kilogramme élevé à une hauteur de 425 mètres.

Cela signifie que chaque fois qu'on fournira à un kilogr. d'eau, et sous une forme quelconque, une énergie capable

d'imprimer à ses molécules un parcours supplémentaire de 425 mètres, on aura élevé l'eau d'un degré.

En réalité, ce parcours est bien plus important, car l'équivalent mécanique considère qu'il est effectué verticalement, c'est-à-dire contre la pesanteur ; mais, pour ne pas compliquer les idées, nous conserverons ce chiffre de 425.

Ce parcours de 425 mètres peut s'effectuer de deux façons principales : ou bien c'est le nombre des vibrations ou révolutions qui s'accroît sans que change le diamètre de l'orbite, et alors il y aura simple élévation de température, ou bien le nombre de rotations restera le même, et alors c'est le diamètre de l'orbite qui variera ; tout le parcours sera employé en dilatation : c'est le cas du changement d'état des corps, où toute la chaleur fournie est transformée en dilatation sans accroissement de température, et où, pour ce motif, elle prend le nom de chaleur latente.

En fait, l'élévation de température est toujours accompagnée de dilatation, et, pour les solides, la plus grosse partie, les deux tiers, est employée dans ce but, un tiers seulement à l'échauffement ; pour les liquides et les gaz, où la cohésion est en partie ou totalement rompue, la partie consacrée à la dilatation est bien moindre.

Si, par un moyen quelconque, on parvenait à supprimer la dilatation, toute la chaleur fournie se traduirait en température, et ceci est facile à constater dans les gaz.

Lorsqu'en effet on chauffe un gaz en l'empêchant de se dilater, la chaleur nécessaire pour l'élever d'un degré est bien moindre, toute l'énergie fournie sous forme de chaleur s'est dépensée en révolutions ou vibrations sans changement du diamètre orbitaire.

On s'explique par cette genèse et ces transformations, que lorsqu'un gaz se dilate il se refroidit, et qu'il s'échauffe lorsqu'il se contracte.

Cette théorie rend au mieux compte du changement d'état du corps.

Appliquons à un exemple les vues que nous venons d'exposer, et prenons un kilogramme de glace. Par chaque élévation d'un degré il faudra lui fournir une demi-calorie jusqu'à 0°; à partir de ce point, toute la chaleur fournie, soit 79 calories, est employée à la fusion, le nombre de révolutions ne s'accroît pas, seul le diamètre de l'orbite augmente.

existante, la masse est insignifiante aussi, et à tel point que Babinet a pu qualifier ces amas de *riens visibles*, et cependant il apparaît que la quantité de matière d'une comète est considérable.

Au fur et à mesure que la cohésion s'accentue, on voit la masse s'affirmer, et le summum de puissance cohésive et attractive nous est offert par les corps solides de l'espace.

L'affinité suit le même processus, certaines nébuleuses, celle d'Orion en particulier, ont été reconnues ne contenir que de l'hydrogène et de l'azote ; d'autre part, Lockyer n'a rencontré, dans les soleils blancs, qui sont doués de la température la plus élevée, que de l'hydrogène et un peu de magnésium ; les soleils jaunes en voie d'extinction, comme le nôtre, renferment des métaux, mais pas de métalloïdes, et il faut arriver aux planètes pour retrouver ces derniers.

Les hautes températures sont contraires à l'exercice de l'affinité, et la vie, qui en est la manifestation la plus élevée, n'a pu naître que sur les planètes à moitié refroidies.

Aperçu sur la formation de la matière.

La constitution de la matière que nous venons d'exposer nous suggère une genèse de sa formation.

Les atomes matériels, supposés toujours propulsifs, et qui peuvent être ceux de l'éther lui-même, se trouvent, par le seul fait de leur existence, animés de mouvement, car le repos n'existe pas, ou plutôt il n'est qu'un accident, un cas particulier du mouvement lui-même.

Or, quels sont les mouvements qui peuvent affecter un corps matériel ? Ils se résument à deux, translation et rotation sur lui-même, et on n'en peut concevoir d'autres.

Rappelons, en deux mots, les propriétés évidentes d'ailleurs d'un atome de forme propulsive noyé dans un fluide ambiant ; si l'atome tourne sur lui-même, sans changer de place, il aspirera le fluide par un pôle et le propulsera par l'autre, il produira un flux; s'il est libre de se mouvoir, il se propulsera lui-même, et alors aucun flux ne sera produit, le milieu ambiant restera au repos ; tels sont les cas extrêmes.

chambre obscure, constituait un faisceau cylindrique au lieu de se répandre en tous sens, Huyghens imagina le principe qui porte son nom, et qui a été confirmé d'une façon éclatante par les découvertes modernes.

Chaque point d'une onde sphérique, au lieu de se dilater uniformément pour former l'onde suivante, est lui-même le centre d'une onde sphérique secondaire, et c'est la surface enveloppe de ces diverses ondes secondaires, laquelle est concentrique à la première, qui constitue l'onde sphérique principale suivante.

Or, la cause de ces ondes secondaires prenant naissance sur le pourtour d'une onde principale, n'est-ce pas le mouvement même de précession de la molécule qui, par son balancement, comprime et raréfie l'air successivement en tous sens à chacune de ses rotations?

Cohésion.

Outre ceux déjà examinés, les mouvements de rotation de la molécule ont d'autres effets considérables au point de vue de la constitution de la matière.

Les mouvements de révolution moléculaires, joints sans doute au mouvement de propulsion centrifuge dont ils animent l'éther environnant, ne peuvent que maintenir et faire varier l'éloignement des molécules ; mais qu'est la cause antagoniste centripète, celle qui sollicite le rapprochement de deux molécules, que sont en un mot la cohésion et l'affinité?

En examinant les conditions d'existence de la matière, nous ne pouvons omettre de dire quelques mots de ces énergies ; ce faisant nous aurons simplement complété le cycle des énergies attractives.

Lorsqu'au chapitre III nous avons examiné quelle pouvait bien être l'orientation des molécules dans un corps, nous avons exposé l'expérience suivante.

Sur une table se trouvait étalée une nappe de mercure que nous avons divisée en deux parties ; ces deux parties, étant maintenues séparées, forment des ménisques dont les molécules sont manifestement orientées perpendiculairement à

chacun des bords ; les molécules des deux ménisques se tournent le dos, et c'est en cela qu'a consisté la rupture de la cohésion.

Pour la bien comprendre, cette cohésion, considérons un corps céleste ou une simple gouttellette de mercure ; nous avons ailleurs cherché à prouver que toutes leurs molécules sont orientées vers leur centre de gravité.

Notre hypothèse, on le sait, la seule dont nous nous soyons servi dans tout le cours de cet ouvrage, étant la forme propulsive de la molécule, cette dernière aspire l'éther par un pôle que nous avons nommé négatif, et le propulse par l'autre pôle que nous avons nommé positif.

Dans leur orientation vers le centre de la sphère, les molécules se trouveront donc pôle positif contre pôle négatif, dans les conditions même de deux aimants droits à pôles de noms contraires opposés ; il y aura, par suite, rapprochement. Mais deux aimants droits ainsi placés s'accoleraient, pourquoi n'en serait-il pas de même des deux molécules ? La cause en est le mouvement de translation préexistant qui empêche la chute comme il empêche celle des planètes vers le soleil, et aussi la force centrifuge produite par la rotation.

La cohésion ne s'exerce donc nullement comme la gravitation, mais plutôt, comme le magnétisme, par le flux d'éther qu'engendrent les molécules, et l'on peut conclure que :

Dans la cohésion, les molécules sont orientées dans le même sens, côté refoulant contre côté aspirant, pôle positif contre pôle négatif.

Pour que la cohésion puisse s'exercer entre deux molécules, il est indispensable qu'elles soient très rapprochées pour que les flux se pénètrent ; aussi comprend-on que dans les gaz la cohésion fasse complètement défaut, d'autant que les molécules, se propulsant elles-mêmes dans l'éther, n'émettent aucun flux.

On comprend ainsi pourquoi un simple trait de diamant a rompu la cohésion à la surface d'une glace, les molécules ont été écartées au delà de leur flux.

vera-t-il pas sa forme parfaitement appropriée, toujours identique, avec ses angles toujours les mêmes?

Les propriétés physiques de chaque espèce restent aussi toujours les mêmes, et de même leur façon de se comporter vis-à-vis des corps ou énergies étrangers, acides, bases, chaleur, lumière, etc. Ne sont-ce pas là les vraies mœurs, les vrais instincts de ces espèces? car ce sont bien des espèces, et par ce mot la science les a déjà admis à un premier degré dans la vie.

CHAPITRE XXIX

CONCLUSION

Résumant les pages qui précèdent, nous pouvons avancer ce fait que **toutes les énergies sont des propriétés de la matière et une conséquence des mouvements moléculaires et atomiques;** et, hors ces mouvements, la matière non seulement serait sans énergie, mais encore dépourvue de toutes les propriétés qui la caractérisent.

Sans vibrations, pas de lumière, ni chaleur, ni couleurs, ni vapeur, ni chutes d'eau ; sans rotations, pas d'électricité, ni magnétisme, ni gravitation, ni affinité, ni cohésion.

Maïs cet atome dépourvu de toutes les propriétés de la matière, dépourvu de tous mouvements pondérés et équilibrés, c'est-à-dire de la faculté de peser et d'attirer, ce n'est plus un atome matériel ; n'est-ce pas alors l'atome d'éther lui-même que la science déclare impondérable et immatériel ?

S'il en est ainsi, on peut se figurer les mondes qui peuplent l'espace comme des îlots de matière, formés aux dépens de l'éther impondérable dont les atomes se sont peu à peu organisés sous une influence encore et peut-être à jamais inconnue. Mais ces mondes ne sont pas éternels et lorsque les mouvements moléculaires et atomiques qui les ont agglomérés auront disparu, les atomes rentreront dans le néant comme l'ont fait leurs devanciers et comme le feront ceux des mondes futurs.

Cette vue n'est que la reproduction fidèle de ce qui se passe sous nos yeux d'une façon tout aussi mystérieuse. Nous voyons en effet, de temps à autre, des molécules matérielles d'azote, d'oxygène et toutes les molécules, en général, qui constituent l'atmosphère, l'air et la surface du sol, s'organiser en cellules et constituer aussi de vrais îlots de matière animée au sein de la matière soi-disant inerte, puis, lorsque s'éteignent les mou-

vements cellulaires qui sont l'essence de la vie, cette matière un instant animée, dont les éléments se sont maintenus en équilibre instable avec le milieu ambiant, reprend un équilibre stable et redevient inerte, prête à recommencer un nouveau cycle.

Dans les deux cas, et suivant une ancienne figure, on peut comparer la vie à un tourbillon qui saisirait à sa périphérie l'atome éthéré ou la molécule matérielle et qui le rejetterait après l'avoir gardé un instant dans son circulus.

Pourquoi les modes seraient-ils différents pour le monde animé et le monde matériel, qui, nous l'avons vu, est un monde vraiment pourvu de vie? Nous avons déjà entrevu la ressemblance d'une molécule avec un corps céleste, et plus on pénètre avant dans l'étude des phénomènes naturels, plus on est convaincu de l'unité de cause et de l'identité de moyens.

Cette conclusion en tout cas, toute philosophique qu'elle soit, n'est pas en désaccord avec la science et semble même en être la consécration.

Notre molécule douée de dissymétrie n'est qu'une hypothèse sans doute, mais combien rendue vraisemblable par les nombreuses manifestations d'énergie, parfois singulières ou même en apparence contradictoires, que nous avons rencontrées. On peut prétendre, en tout cas, que, si la molécule possédait réellement la forme dissymétrique propulsive que nous lui avons attribuée, les choses se passeraient ainsi qu'elles se passent actuellement. Et ne serait-ce rien que d'avoir rangé sous une même cause tant de faits d'ordre si différents, magnétisme, électricité statique et dynamique, induction, constitution des gaz, gravitation, etc.?

L'orientation des molécules, qui est le fond même de notre théorie, avait été entrevue puis démontrée par Faraday et Ampère, et confirmée à nos yeux par le phénomène de Kerr, celui de la rotation magnétique du plan de polarisation, etc.....

D'autre part, les phénomènes attractifs étaient intuitivement attribués à l'éther par Faraday, Maxwell et d'autres nombreux savants, et le mouvement tourbillonnaire était admis par Maxwell, Helmholtz, W. Thomson, etc.

Mais toutes ces constatations étaient restées sans conclusion, et on n'avait pas entrevu entre elles de liaison. C'est cette liaison que nous avons tenté d'établir, bien qu'elle n'ait pas été le point de départ de notre hypothèse.

Ce point de départ a été l'étude de la gravitation ; il nous a paru, pour l'expliquer, que les atomes attirés devaient s'avancer eux-mêmes, et de là est résulté un premier essai d'application de l'atome ou molécule asymétrique.

Comme cet atome était déjà doué de rotation rapide, la progression était ainsi obtenue, mais elle ne suffisait pas, cet atome devait aussi et tout d'abord être orienté. Ici, sont intervenues les ondes et les flux, et ces orientations moléculaires sont chose commune dans les énergies attractives, magnétisme et électricité ; bien plus, on n'y rencontre qu'orientation.

Tous les phénomènes d'ordre attractif sont venus pour ainsi dire se ranger d'eux-mêmes dans cette hypothèse, même les faits singuliers qui mettent si souvent en défaut une théorie, tels l'aimant brisé, le diamagnétisme, les décharges oscillantes, l'élasticité des gaz, le magnétisme terrestre, les plus minutieux détails enfin de l'influence et de la condensation statiques.

Dépassant le titre même de notre ouvrage, nous nous sommes laissé entraîner de proche en proche et nous avons, en somme, fait la synthèse des énergies et de la matière que nous avons rangées sous une même cause, la forme propulsive de la molécule.

C'est probablement de l'éther que sont nées la matière et l'énergie ; c'est incontestablement lui qui est le milieu de propagation énergétique.

Et nous sommes à la veille, sans doute, de voir se réaliser la prophétie de Lamé, qui définissait l'éther **une seconde espèce de matière infiniment plus étendue que la matière pondérable et dans laquelle la science future reconnaîtra le véritable roi de la nature physique.**

FIN

TABLE DES MATIÈRES

DEUXIÈME PARTIE

Électricité statique.

CHAPITRE IV.

Nature de l'électricité.

CHAPITRE V.

Electrostatique proprement dite.

CHAPITRE VI.

Electrisation par influence.

CHAPITRE VII.

CHAPITRE VIII.

Reproduction des phénomènes statiques au moyen d'un gaz

CHAPITRE IX.

CHAPITRE X.

Diélectriques.

TROISIÈME PARTIE

Électrocinétique.

CHAPITRE XI.

Courants.

CHAPITRE XII.

Champ électrocinétique.

QUATRIÈME PARTIE

Électromagnétisme.

CHAPITRE XIII.

Différence entre les courants électrique et magnétique.

CHAPITRE XIV.

Induction.

CHAPITRE XV.

Applications de la self-induction.

CINQUIÈME PARTIE

Manifestations diverses des énergies attractives.

CHAPITRE XVI.

CHAPITRE XVII.

Courants voltaïques.

CHAPITRE XVIII.

Rayons cathodiques. Rayons Rœntgen.

CHAPITRE XIX.

CHAPITRE XX.

Tension superficielle. Radio-activité.

CHAPITRE XXI.

Système nerveux.

CHAPITRE XXII.

Décharges oscillantes. Ondes hertziennes.

CHAPITRE XXIII.

CHAPITRE XXIV.

Transmission des énergies attractives.

SIXIÈME PARTIE

Gravitation.

CHAPITRE XXV.

Considérations générales sur la gravitation.

CHAPITRE XXVI.

La gravitation est une énergie atomique.

CHAPITRE XXVII.

CHAPITRE XXVIII.

Constitution de la matière et de l'énergie.

CHAPITRE XXIX.

Paris. Imprimerie Henri Charles-Lavauzelle, 10, rue Danton,
boulevard Saint-Germain, 118.

